Guide ai corsi di laurea

Politecnico di Torino 1993/94

Ingegneria meccanica

Le *Guide* sono predisposte sulla base dei testi forniti dai Consigli di corso di laurea.

Corso di laurea	*Presidente – Coordinatore*
Ingegneria civile	Prof. Cesare Castiglia
Ingegneria edile	Prof. Gian Paolo Scarzella
Ingegneria aeronautica	Prof. Giuseppe Bussi
Ingegneria chimica	Prof. Vito Specchia
Ingegneria dei materiali	Prof. Aurelio Burdese
Ingegneria elettrica	Prof. Mario Lazzari
Ingegneria meccanica	Prof. Gustavo Belforte
Ingegneria nucleare	Prof. Evasio Lavagno
Ingegneria delle telecomunicazioni	Prof. Mario Pent
Ingegneria elettronica	Prof. Carlo Naldi
Ingegneria informatica	Prof. Paolo Prinetto
Ingegneria gestionale	Prof. Sergio Rossetto
Ingegneria per l'ambiente e il territorio	Prof. Sebastiano Pelizza

Edito a cura del CIDEM
Centro Interdipartimentale di
Documentazione e Museo del
Politecnico di Torino

Supplemento al n. 3, giugno 1993 di *Linee : bollettino di informazione e cultura del Politecnico di Torino / a cura del CIDEM.* Autorizzazione Tribunale di Torino n. 3570 del 29/10/85.

Corso Duca degli Abruzzi 24 – 10129 Torino
Tel. 011.564'6601 – Fax 011.564'6609

Stampato nel mese di luglio 1993 dalla Tipolitografia AGAT
Via San G.B. Cottolengo 19 – 10152 Torino

Indice

5 Presentazione
19 Programmi degli insegnamenti
101 Indice alfabetico degli insegnamenti
104 Indice alfabetico dei docenti

Le *Guide* ai corsi di laurea in ingegneria. Scopo fondamentale dei presenti opuscoli è quello di orientare gli studenti nella scelta dei piani di studio. In un momento particolarmente arduo di riforma e di scelte di sviluppo dell'assetto universitario, gli studenti devono poter decidere con il massimo della chiarezza, per potersi adeguare alle innovazioni, ed eventualmente anno per anno farsi ragione e modificare le scelte a seguito delle più specifiche verifiche attitudinali.

Nel 1993/94 sono attivati a Torino tredici *corsi di laurea*, in ingegneria

civile (D)	edile (G)	
chimica (C)	dei materiali (E)	nucleare (Q)
aeronautica (B)	meccanica (P)	elettrica (H)
elettronica (L)	informatica (N)	delle telecomunicazioni (F)
gestionale (M)	per l'ambiente e il territorio (R)	

Per permettere l'approfondimento di competenze metodologiche e di tecniche progettuali realizzative e di gestione in particolari campi, i corsi di laurea possono essere articolati in indirizzi ed orientamenti. Dell'*indirizzo* eventualmente seguito viene fatta menzione nel certificato di laurea, mentre gli *orientamenti* corrispondono a differenziazioni culturali, di cui invece non si fa menzione nel certificato di laurea; gli orientamenti vengono definiti annualmente dai competenti *Consigli dei corsi di laurea*, e ne viene data informazione ufficiale mediante il *Manifesto degli studi*. Nelle pagine di queste *Guide*, di ciascun corso di laurea viene data una breve descrizione, e viene illustrato il programma di attuazione degli orientamenti previsti per ogni indirizzo.

Gli insegnamenti. Il nuovo ordinamento didattico[1] prevede diversi tipi di insegnamenti, distinti in monodisciplinari, monodisciplinari a durata ridotta (nel seguito indicati come corsi ridotti), e integrati. Un *insegnamento monodisciplinare* è costituito da 80–120 ore di attività didattiche (lezioni, esercitazioni, laboratori, seminari ecc.) e corrisponde ad una unità didattica o annualità. Un *corso ridotto* è costituito da 40–50 ore di attività didattiche e corrisponde a mezza annualità. Un corso integrato è costituito da 80–120 ore di attività didattiche e corrisponde ad una annualità; esso è svolto – in moduli coordinati di almeno 20 ore ciascuno – da due o, al massimo, tre professori che fanno tutti parte della commissione d'esame.

[1] Decreto rettorale 1096 del 1989-10-31, pubblicato sulla *Gazzetta ufficiale* n. 45 del 1990-02-23.

Ogni corso di laurea corrisponde a 29 annualità complessive, ripartite, in ognuno dei cinque anni di corso, su due *periodi didattici* (detti anche impropriamente semestri); ogni periodo didattico è di durata pari ad almeno 13 settimane effettive di attività. Un'altra novità introdotta dal DPR 20 maggio 1989[2] è costituita dal fatto che non sono prescritti specifici insegnamenti (almeno a livello nazionale) per il conseguimento della laurea in un determinato corso di laurea in Ingegneria, ma sono prescritti i numeri minimi di unità didattiche da scegliere in determinati raggruppamenti disciplinari consistenti in *gruppi*[3] di discipline affini. Lo stesso nuovo Statuto stabilisce l'articolazione dei vari corsi di laurea in termini di *gruppi* e di *unità didattiche*, cosicché ogni Consiglio di corso di laurea può più facilmente adeguare annualmente il piano degli studi alle nuove esigenze richieste dal rapido evolversi delle conoscenze e degli sviluppi tecnologici. Perciò ogni anno i vari Consigli dei corsi di laurea stabiliscono gli insegnamenti ufficiali, obbligatori e non obbligatori, che costituiscono le singole annualità, e le norme per l'inserimento degli insegnamenti non obbligatori, eventualmente organizzati in orientamenti.

Tutte queste informazioni e norme vengono pubblicate ogni anno nel Manifesto degli Studi (v. *Guida dello studente*, pubblicata a cura della Segreteria studenti).

Finalità e organizzazione didattica dei vari corsi di laurea. Le pagine di queste *Guide* illustrano per ognuno dei corsi di laurea attivati – ed eventualmente per ognuno dei rispettivi indirizzi attivati – le professionalità acquisibili dai laureati, nonché il concetto ispiratore dell'organizzazione didattica, fornendo tracce schematiche di articolazione delle discipline obbligatorie ed esemplificazioni relative ai corsi facoltativi, organicamente inquadrabili nei vari curricula accademici.

Ogni corso di laurea (tranne rarissime eccezioni) ha previsto in prima attuazione l'organizzazione di tutti i corsi in periodi didattici. Per quanto concerne l'organizzazione didattica e l'attribuzione dei docenti agli insegnamenti, si segnala ancora che:

- alcuni corsi di laurea introducono già al terzo anno una scelta di corsi di indirizzo o di orientamento, che richiedono la formulazione di un'opzione fra le scelte segnalate: tali opzioni vanno esercitate all'atto dell'iscrizione;
- in relazione a talune difficoltà, che possono verificarsi all'atto dell'accorpamento di taluni CL per le discipline di carattere propedeutico (del primo e secondo anno), non è assicurata che la corrispondenza dei docenti indicati con gli effettivi titolari di dette discipline. In alcuni casi, non essendo noto al momento della stampa delle *Guide*, il nome del docente è stato lasciato indeterminato ("Docente da nominare").

---

[2] Pubblicato sulla *Gazzetta ufficiale* n. 186 del 1989-08-10.

[3] Questi *gruppi* coincidono con quelli dei raggruppamenti concorsuali per i professori universitari.

Corso di laurea in

Ingegneria meccanica

1 Profilo professionale

Nel modificare i già numerosi piani di studio corrispondenti al precedente ordinamento per formulare piani di studio in accordo con l'ordinamento generale degli studi di ingegneria entrato in vigore in Italia nel 1989, il Consiglio di Corso di Laurea in *Ingegneria meccanica* ha previsto un organico insieme di insegnamenti, in grado di fornire agli allievi una solida cultura di base e l'acquisizione dei metodi di studio e di lavoro necessari per lo svolgimento dell'attività di ingegnere industriale meccanico: tenendo conto della lunga ed apprezzata tradizione culturale dell'insegnamento dell'ingegneria meccanica nel Politecnico di Torino, senza sacrificare gli insegnamenti base tipici del corso di laurea, si è arricchito il *curriculum* di studi con quelle discipline che si sono rese necessarie, sia per semplici motivi di aggiornamento culturale, sia per consentire di affrontare problemi multisettoriali, sia per porre l'ingegnere meccanico in condizione di collaborare efficacemente con ingegneri e tecnici di altra area culturale.

Gli sbocchi professionali previsti per l'ingegnere meccanico sono offerti in larga misura dalle industrie, di piccole, medie e grandi dimensioni, e non soltanto da quelle operanti nel settore meccanico, ma anche da quelle operanti nei settori elettrotecnico, aeronautico ed aerospaziale, chimico, etc. In esse l'ingegnere meccanico ha notevoli possibilità di intervento nei settori: ricerca e sviluppo, progettazione, conduzione e gestione di processi produttivi e di grandi impianti.

Neolaureati in *Ingegneria meccanica* vengono sempre più assunti da società di consulenza aziendali, anche operanti in settori non esclusivamente meccanici, e non mancano le possibilità di esercizio della libera professione, spesso come consulente di enti ed imprese, ovvero quella di impiego presso centri di ricerca pubblici e privati, o presso amministrazioni pubbliche diverse.

Considerando tali prospettive di attività, sono stati ideati piani di studio volti a preparare un ingegnere meccanico che presenti le seguenti caratteristiche:
- sia dotato di una solida preparazione ad ampio spettro che gli consenta di intervenire nella grande varietà di attività ingegneristiche appena citate, con una preparazione mirata a sviluppare le capacità di interpretazione e di schematizzazione di fenomeni fisici anche complessi;
- sia dotato di una cultura matematica tale da consentirgli di affrontare con i moderni strumenti matematici, in modo analitico e numerico, problemi anche di tipo probabilistico;
- abbia la capacità di analizzare le complessità dei fenomeni e di sintetizzarle in modelli di tipo comportamentale e funzionale;
- sia in grado di intendere ragionamenti ed esigenze dei tecnici di altra area culturale;
- sia in grado di inquadrare i processi produttivi del settore in cui opera nel quadro economico locale e nell'ambito della specifica politica economica nazionale.

2 Insegnamenti obbligatori

Il riordino degli insegnamenti impartiti nelle Facoltà di ingegneria stabilito dal Decreto del Presidente della Repubblica del 20.5.1989 ha istituito un corso di laurea in *Ingegneria meccanica* articolato in sette *indirizzi* riconosciuti in sede nazionale:
- *Automazione industriale e robotica;*
- *Biomedica;*
- *Costruzioni;*
- *Energia*
- *Materiali* (non attivato nel Politecnico di Torino);
- *Produzione;*
- *Veicoli terrestri;*

consentendo però inoltre alle singole Facoltà di definire anche altri piani di studio (*curriculum*), con egual numero di esami, denominati *orientamenti*, consentendo così di meglio soddisfare particolari esigenze culturali e di preparazione professionale degli allievi delle singole sedi universitarie, o meglio sfruttare le competenze tecniche e scientifiche acquisite dal corpo docente di ogni sede.

Il nostro Consiglio di Corso di Laurea ha deciso di organizzare gli studi in modo da portare al conseguimento del diploma di laurea sia attraverso piani di studio corrispondenti ad indirizzi riconosciuti in sede nazionale, sia mediante orientamenti definiti dal nostro Consiglio di Corso di Laurea, che consentono di conservare nel nuovo ordinamento piani di studio di provata utilità e riconosciuto interesse, o prevedere fin da adesso l'istituzione di piani di studio mirati a nuove e particolari esigenze professionali.

Per obbligo generale vigente sul piano nazionale, ovvero per meditata scelta del nostro Consiglio di Corso di Laurea, ratificata dal Consiglio di Facoltà del nostro Politecnico, sono stati stabiliti come obbligatori 24 insegnamenti.

Il numero di esami (annualità) prescritto (29) viene raggiunto con l'inserimento, al quarto e quinto anno di corso, di 5 materie di indirizzo, delle quali 3 prestabilite per ciascun indirizzo, e 2 da scegliersi in un gruppo di materie proposte, seguendo i criteri specifici che saranno indicati con i *Manifesti degli studi* pubblicati per ogni anno accademico.

Analogamente, per il conseguimento del diploma con *curriculum* corrispondente ad un orientamento locale, sono prestabilite 3 materie per ogni orientamento, mentre le rimanenti 2 materie dovranno essere scelte, seguendo le indicazioni dei *Manifesti degli studi*, da appositi elenchi; per due degli orientamenti sono invece prestabiliti quattro insegnamenti, mentre la ventinovesima materia potrà essere scelta in un elenco di materie opzionali.

I titoli dei 24 insegnamenti comuni e la collocazione dei diversi insegnamenti nei vari anni di corso è indicata nella tabella riportata al punto 3, mentre i prospetti negli insegnamenti previsti per i singoli indirizzi ed orientamenti sono riportati al successivo punto 4.

Commentando tale tabella, si osserva innanzitutto che il classico gruppo di discipline fisico-matematiche (*Analisi Matematica 1* e *2, Geometria* e *Meccanica razionale*), destinato a fornire un base culturale propedeutica, è stato mantenuto, sia pure con opportuna revisione dei programmi specifici, mantenendo anche la collocazione tradizionale nei primi due anni di corso; nel primo anno di corso sono collocate la *Chimica* ed una prima specifica disciplina dell'ingegneria meccanica, *Disegno tecnico indu-*

striale, che fornisce le prime conoscenze per l'interpretazione e l'esecuzione di disegni industriali.

Nel primo periodo del secondo anno trova collocazione la nuova ma indispensabile materia *Fondamenti di informatica*, destinata a fornire agli allievi le conoscenze in tale campo oggi necessarie ad ogni tipo di ingegnere, mentre nel secondo periodo, nel corso integrato di *Elettrotecnica + Macchine elettriche*, vengono impartite le nozioni fondamentali in tali settori disciplinari, che eventualmente potranno essere ampliate ed approfondite nell'ambito dei corsi di indirizzo od orientamento. Sempre in tale periodo è collocato l'insegnamento ridotto di *Tecnologia dei materiali e chimica applicata*, che, insieme al successivo corso ridotto di *Tecnologia dei materiali metallici*, fornisce le conoscenze indispensabili nel settore dei materiali.

Il terzo anno prevede invece quattro materie base classiche dell'ingegneria meccanica: *Scienza delle costruzioni, Fisica tecnica, Meccanica applicata alle macchine* e *Meccanica dei fluidi* (nuova denominazione, conseguenza di un attento e più preciso e puntuale adeguamento del programma del corso alle specifiche esigenze del corso di laurea in Ingegneria meccanica, della tradizionale *Idraulica*) ed alcuni corsi di nuova istituzione: il corso integrato di *Controlli automatici + Elettronica applicata*, destinato a fornire le nozioni indispensabili nei settori dell'elettronica e dei sistemi di controllo, ed il corso integrato di *Disegno di macchine + Tecnologia meccanica*, nato da una revisione ed integrazione degli insegnamenti di *Disegno meccanico* e *Tecnologia meccanica* tradizionalmente impartiti.

Nel quarto e quinto anno, accanto agli insegnamenti di indirizzo o di orientamento, sono previste le materie applicative di interesse comune: *Macchine 1 e 2* (ovvero una coppia di insegnamenti della stessa area culturale), *Tecnologia meccanica*, *Costruzione di macchine* e *Principi e metodologie della progettazione meccanica*, *Impianti meccanici*, nonché la materia a carattere economico-organizzativo, obbligatoria sul piano nazionale, nel nostro corso di laurea denominata *Economia ed organizzazione aziendale*, ed opportunamente collocata a conclusione del ciclo formativo dell'allievo ingegnere.

3 Quadro degli insegnamenti comuni

Corsi comuni a tutti gli indirizzi ed orientamenti del corso di laurea in *Ingegneria meccanica*

1:1	*(1. anno, 1. periodo didattico)* P0231 : Analisi matematica 1 P0620 : Chimica
1:2	P2300 : Geometria P1901 : Fisica 1 P1430 : Disegno tecnico industriale
2:1	P0232 : Analisi matematica 2 P1902 : Fisica 2 P2170 : Fondamenti di informatica
2:2	P3370 : Meccanica razionale P1795 : Elettrotecnica + Macchine elettriche (integrato) P5574 : Tecnologia dei materiali e chimica applicata (ridotto)
3:1	P4600 : Scienza delle costruzioni P3230 : Meccanica dei fluidi P0845 : Controlli automatici + Elettronica applicata (integrato)
3:2	P3210 : Meccanica applicata alle macchine P2060 : Fisica tecnica P1405 : Disegno di macchine + Tecnologia meccanica (integrato) P5584 : Tecnologia dei materiali metallici (ridotto)
4:1	P3111 : Macchine 1 oppure P3110 : Macchine P5640 : Tecnologia meccanica
4:2	P0940 : Costruzione di macchine P3112 : Macchine 2 oppure P3850 : Oleodinamica e pneumatica oppure P5130 : Sperimentazione sulle macchine
5:1	P4020 : Principi e metodologie della progettazione meccanica P2730 : Impianti meccanici P3840 : Motori termici per trazione (in alternativa a *Macchine 2*)
5:2	P1530 : Economia ed organizzazione aziendale

Lo studente potrà scegliere, in alternativa, i due corsi di *P3111 : Macchine 1* e *P3112 : Macchine 2* oppure, rispettivamente, il corso di *P3110 : Macchine* ed uno dei seguenti corsi: *P3840 : Motori termici per trazione, P3850 : Oleodinamica e pneumatica* o *P5130 : Sperimentazione sulle macchine*. L'eventuale scelta di questi ultimi corsi va fatta fra quelli che già compaiono nell'indirizzo o orientamento seguito, e la collo-

cazione dev'essere nell'anno e semestre indicato dalla tavola precedente. Ove uno o più dei tre insegnamenti anzi detti siano già obbligatori per l'indirizzo o orientamento, la scelta del corso da abbinare a *P3110 : Macchine* andrà fatta fra gli altri corsi, evidenziati nel successivo prospetto dei corsi di indirizzo o orientamento, con ** (due asterischi).

Il piano di studio sarà completato da un gruppo di corsi appartenententi ad un medesimo indirizzo o orientamento collocati nel 4. e 5. anno di corso, e corrispondenti ad almeno 5 annualità. I gruppi di corsi costituenti i diversi indirizzi o orientamenti sono riportati nei successivi prospetti, nei quali sono indicati le collocazioni negli anni e nei periodi didattici dei singoli corsi, e quali siano i corsi obbligatori per ciascun indirizzo.

4 Indirizzi ed orientamenti

Visto l'elevato numero di indirizzi (6) ed orientamenti (12), e di conseguenza di insegnamenti riportati, si ritiene troppo oneroso un commento specifico ad ogni singolo *curriculum*. D'altra parte, le denominazioni dei singoli indirizzi ed orientamenti e quelle degli insegnamenti, in particolare di quelli obbligatori, danno già una buona indicazione sui contenuti culturali ed orientamenti.

Ad evitare inutili apprensioni tra gli studenti, riteniamo utile precisare che il problema di questa scelta non deve essere sopravvalutato. Ovviamente la scelta di un indirizzo o di un orientamento più affine alle aspirazioni ed agli interessi dello studente può rendere più gradito il periodo finale degli studi, e in caso di corrispondenza tra indirizzo seguito e settore di prima attività, l'ingresso nella vita professionale sarà certamente più facile: ma l'ampia ed organica preparazione di base e metodologica acquisita con gli esami comuni dovrebbe consentire a tutti gli ingegneri meccanici di operare proficuamente in tutti i settori di attività, seppure con qualche maggior difficoltà iniziale. Si precisa inoltre che, nei primi anni di attuazione dello Statuto del Politecnico entrato in vigore nel 1989, non tutti gli insegnamenti opzionali e gli orientamenti saranno attivati: precise e tempestive informazioni saranno date con i *Manifesti degli studi* in ciascun anno accademico.

Prospetto degli insegnamenti di indirizzo od orientamento

Accanto ad ogni corso sono indicati, tra parentesi quadre, anno e periodo didattico [a:p]. Gli insegnamenti obbligatori indicati con * (un asterisco) saranno sostituiti da quelli ufficialmente previsti, non appena questi ultimi potranno essere attivati. Gli insegnamenti opzionali indicati con ** (due asterischi) sono quelli da scegliere, qualora debbano sostituire *Macchine 2.*

Indirizzo A, *Automazione industriale e robotica*

Insegnamenti obbligatori
P0350 : Automazione a fluido [4:1]
P3410 : Meccatronica [4:2]
P3280 : Meccanica dei robot [5:1]

Insegnamenti opzionali
P1710 : Elettronica applicata [4:1]
P3540 : Metrologia generale meccanica [4:1]
P3710 : Misure termiche [4:1]
P0290 : Applicazioni industriali elettriche [4:2]
P3730 : Modelli funzionali per l'industria meccanica [5:1]
P3850 : Oleodinamica e pneumatica [4,5:2] **
P5130 : Sperimentazione sulle macchine [4,5:2] **

Indirizzo B, *Biomedica*

Insegnamenti obbligatori
P0350 : Automazione a fluido [4:1]
P0450 : Biomeccanica [4:2]
P1040 : Costruzioni biomeccaniche [5:2]

Insegnamenti opzionali
10087 : Fisiologia veterinaria ed etologia (e protezione animale) Corso della Facoltà di med. veterinaria dell'Univ. degli studi di Torino [4:1]
P3540 : Metrologia generale meccanica [4:1]
P3265 : Meccanica dei materiali + Metallurgia meccanica (integrato) [4:1]
P0510 : Calcolo numerico [4:2]
P3410 : Meccatronica [4:2]
P4110 : Progettazione assistita di strutture meccaniche [4:2]
P5450 : Tecnica della sicurezza elettrica [5:1]
P3850 : Oleodinamica e pneumatica [4,5:2] **
P5130 : Sperimentazione sulle macchine [4,5:2] **
P5240 : Strumentazione biomedica [5:2]

Indirizzo C, *Costruzioni*

Insegnamenti obbligatori
P3265 : Meccanica dei materiali + Metallurgia meccanica (integrato) [4:1]
P3280 : Meccanica dei robot [5:1]
P5470 : Tecnica delle costruzioni meccaniche [5:2]

Insegnamenti opzionali
P3400 : Meccanica superiore per ingegneri [4:1]
P3540 : Metrologia generale meccanica [4:1]
P4110 : Progettazione assistita di strutture meccaniche [4:2]
P4602 : Scienza delle costruzioni 2 [4:1]
P0510 : Calcolo numerico [4:2]
P3360 : Meccanica delle vibrazioni [5:1]
P3840 : Motori termici per trazione [5:1] **
P0980 : Costruzione di materiale ferroviario [5:2]
P3850 : Oleodinamica e pneumatica [4,5:2] **
P5130 : Sperimentazione sulle macchine [4,5:2] **

Indirizzo D, *Energia*

Insegnamenti obbligatori
P1810 : Energetica [4:2]
P3360 : Meccanica delle vibrazioni [5:1] *
P3850 : Oleodinamica e pneumatica [4,5:2] *

Insegnamenti opzionali
P1070 : Costruzioni idrauliche [4:1]
P3710 : Misure termiche [4:1]
P6030 : Trasmissione del calore [4:1]
P0290 : Applicazioni industriali elettriche [4:2]
P0510 : Calcolo numerico [4:2]
P0030 : Acustica applicata [4:2]
P1165 : Criogenia + Tecnica del freddo (integrato) [5:1]
P3840 : Motori termici per trazione [5:1] **
P5440 : Tecnica della sicurezza ambientale [5:2]
P2820 : Impianti termotecnici [5:2]
P5130 : Sperimentazione sulle macchine [4,5:2] **
P6000 : Termotecnica [5:2]

Indirizzo E, *Produzione*

Insegnamenti obbligatori
P0350 : Automazione a fluido [4:1]
P3950 : Plasticità e lavorazioni per deformazione plastica [4:2]
P3730 : Modelli funzionali per l'industria meccanica [5:1]

Insegnamenti opzionali
P3500 : Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici [4:1]
P3540 : Metrologia generale meccanica [4:1]
P3530 : Metodologie metallurgiche e metallografiche (non attivato 93/94) [4:2]
P2460 : Gestione industriale della qualità [5:1]
P3840 : Motori termici per trazione [5:1]
P3850 : Oleodinamica e pneumatica [4,5:2] **
P4350 : Programmazione e controllo della produzione meccanica [5:2]
P5390 : Studi di fabbricazione [5:2]
P5130 : Sperimentazione sulle macchine [4,5:2]
P5720 : Tecnologie speciali [5:2]

Indirizzo F, *Veicoli terrestri*

Insegnamenti obbligatori
P0920 : Costruzione di autoveicoli [4:1]
P3290 : Meccanica del veicolo [4:2]
P3840 : Motori termici per trazione [5:1]

Insegnamenti opzionali
P1020 : Costruzione e tecnologia del pneumatico e degli antivibranti [4:1]
P3265 : Meccanica dei materiali + Metallurgia meccanica (integrato) [4:1]
P3400 : Meccanica superiore per ingegneri [4:1]
P3540 : Metrologia generale meccanica [4:1]
P4110 : Progettazione assistita di strutture meccaniche [4:2]
P3360 : Meccanica delle vibrazioni [5:1]
P0980 : Costruzione di materiale ferroviario [5:2]
P3850 : Oleodinamica e pneumatica [4,5:2] **
P4270 : Progetto delle carrozzerie [5:2]
P4630 : Scienza e tecnologia dei materiali ceramici [5:2]
P5130 : Sperimentazione sulle macchine [4,5:2]
P5720 : Tecnologie speciali [5:2]

Orientamento G, *Azionamenti industriali*

Insegnamenti obbligatori
P0350 : Automazione a fluido [4:1]
P0290 : Applicazioni industriali elettriche [4:2]
P3850 : Oleodinamica e pneumatica [4,5:2]

Insegnamenti opzionali
P3410 : Meccatronica [4:2]
P3540 : Metrologia generale meccanica [4:1]
P3280 : Meccanica dei robot [5:1]
P0380 : Azionamenti elettrici [5:2]
P5110 : Sperimentazione ed affidabilità dell'autoveicolo [5:2]
P5130 : Sperimentazione sulle macchine [4,5:2]

Orientamento H, *Ferroviario*

Insegnamenti obbligatori
P0350 : Automazione a fluido [4:1]
P0290 : Applicazioni industriali elettriche [4:2]
P0980 : Costruzione di materiale ferroviario [5:2]

Insegnamenti opzionali
P1710 : Elettronica applicata [4:1]
P3400 : Meccanica superiore per ingegneri [4:1]
P3540 : Metrologia generale meccanica [4:1]
P3360 : Meccanica delle vibrazioni [5:1]
P3840 : Motori termici per trazione [5:1]
P0030 : Acustica applicata [4:2]
P3850 : Oleodinamica e pneumatica [4,5:2]
P5110 : Sperimentazione ed affidabilità dell'autoveicolo [5:2]
P5470 : Tecnica delle costruzioni meccaniche [5:2]

Orientamento I, *Impianti idroelettrici*

Insegnamenti obbligatori
P1070 : Costruzioni idrauliche [4:1]
P3360 : Meccanica delle vibrazioni [5:1] *
P3850 : Oleodinamica e pneumatica [4,5:2] *

Insegnamenti opzionali
P3400 : Meccanica superiore per ingegneri [4:1]
P4150 : Progettazione degli impianti industriali [5:2]
P4980 : Sistemi elettrici per l'energia [5:2]
P5130 : Sperimentazione sulle macchine [4,5:2] **

Orientamento J, *Impianti industriali*

Insegnamenti obbligatori
P3410 : Meccatronica [4:2]
P3100 : Logistica industriale [5:1]
P4150 : Progettazione degli impianti industriali [5:2]

Insegnamenti opzionali
P0350 : Automazione a fluido [4:1]
P3540 : Metrologia generale meccanica [4:1]
P4602 : Scienza delle costruzioni 2 [4:1]
P0290 : Applicazioni industriali elettriche [4:2]
P2080 : Fluidodinamica [4:2]
P3840 : Motori termici per trazione [5:1]
P2560 : Illuminotecnica [4:2]
P2820 : Impianti termotecnici [5:2]
P3850 : Oleodinamica e pneumatica [4,5:2] **
P5110 : Sperimentazione ed affidabilità dell'autoveicolo [5:2]
P5440 : Tecnica della sicurezza ambientale [5:2]
P5470 : Tecnica delle costruzioni meccaniche [5:2]
P5700 : Tecnologie industriali (tessili) [5:2]
P5720 : Tecnologie speciali [5:2]

Orientamento K, *Metallurgico*

Insegnamenti obbligatori
P4780 : Siderurgia [4:1]
P3265 : Meccanica dei materiali + Metallurgia meccanica (integrato) [4:1]
P3360 : Meccanica delle vibrazioni [5:1]

Insegnamenti opzionali
P0350 : Automazione a fluido [4:1]
P3540 : Metrologia generale meccanica [4:1]
P3950 : Plasticità e lavorazioni per deformazione plastica [4:2]
P2740 : Impianti metallurgici [4:1]
P3430 : Metallurgia fisica [4:2]
P1700 : Elettrometallurgia [5:2]
P3530 : Metodologie metallurgiche e metallografiche (non attivato 93/94) [4:2]
P3850 : Oleodinamica e pneumatica [4,5:2] **
P4630 : Scienza e tecnologia dei materiali ceramici [5:2]
P5710 : Tecnologie metallurgiche [5:2]

Orientamento L, *Metrologia*

Insegnamenti obbligatori
P3540 : Metrologia generale meccanica [4:1]
P3710 : Misure termiche [4:1]
P3410 : Meccatronica [4:2]

Insegnamenti opzionali
P3400 : Meccanica superiore per ingegneri [4:1]
P3360 : Meccanica delle vibrazioni [5:1]
P3500 : Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici [4:1]
P3850 : Oleodinamica e pneumatica [4,5:2] **
P5130 : Sperimentazione sulle macchine [4,5:2] **

Orientamento M, *Motori a combustione*

Insegnamenti obbligatori
P3840 : Motori termici per trazione [5:1]
P3360 : Meccanica delle vibrazioni [5:1] *
P5130 : Sperimentazione sulle macchine [4,5:2] *

Insegnamenti opzionali
P1710 : Elettronica applicata [4:1]
P3400 : Meccanica superiore per ingegneri [4:1]
P0510 : Calcolo numerico [4:2]
P3850 : Oleodinamica e pneumatica [4,5:2] **

Orientamento N, *Strutture*

Insegnamenti obbligatori
P4602 : Scienza delle costruzioni 2 [4:1]
P5840 : Teoria delle strutture [4:2]
P3360 : Meccanica delle vibrazioni [5:1]
P5470 : Tecnica delle costruzioni meccaniche [5:2]

Insegnamenti opzionali
P1080 : Costruzioni in acciaio [4:1]
P3400 : Meccanica superiore per ingegneri [4:1]
P3540 : Metrologia generale meccanica [4:1]
P0510 : Calcolo numerico [4:2]
P3265 : Meccanica dei materiali + Metallurgia meccanica (integrato) [4:1]
P3850 : Oleodinamica e pneumatica [4,5:2] **
P5130 : Sperimentazione sulle macchine [4,5:2] **

Orientamento O, *Termotecnico*

Insegnamenti obbligatori
P0350 : Automazione a fluido [4:1] *
P2820 : Impianti termotecnici [5:2]
P6000 : Termotecnica [5:2]

Insegnamenti opzionali
P3710 : Misure termiche [4:1]
P6030 : Trasmissione del calore [4:1]
P0030 : Acustica applicata [4:2]
P0510 : Calcolo numerico [4:2]
P2560 : Illuminotecnica [4:2]
P1165 : Criogenia + Tecnica del freddo (integrato) [5:1]
P5410 : Tecnica del controllo ambientale [5:1]
P3850 : Oleodinamica e pneumatica [4,5:2] **
P4980 : Sistemi elettrici per l'energia [5:2]
P5130 : Sperimentazione sulle macchine [4,5:2] **

Orientamento P, *Tessile*

Insegnamenti obbligatori
P3280 : Meccanica dei robot [5:1]
P4150 : Progettazione degli impianti industriali [5:2]
P5700 : Tecnologie industriali (tessili) [5:2]

Insegnamenti opzionali
P1710 : Elettronica applicata [4:1]
P3730 : Modelli funzionali per l'industria meccanica [5:1]
P0030 : Acustica applicata [4:2]
P3850 : Oleodinamica e pneumatica [4,5:2] **
P5130 : Sperimentazione sulle macchine [4,5:2] **

Orientamento Q, *Trasporti*

Insegnamenti obbligatori
P5490 : Tecnica ed economia dei trasporti [4:1]
P3360 : Meccanica delle vibrazioni [5:1]
P4180 : Progettazione di sistemi di trasporto [5:1]

Insegnamenti opzionali
P0920 : Costruzione di autoveicoli [4:1]
P1020 : Costruzione e tecnologia del pneumatico e degli antivibranti [4:1]
P3400 : Meccanica superiore per ingegneri [4:1]
P0290 : Applicazioni industriali elettriche [4:2]
P3290 : Meccanica del veicolo [4:2]
P3840 : Motori termici per trazione [5:1] **
P0980 : Costruzione di materiale ferroviario [5:2]
P3850 : Oleodinamica e pneumatica [4,5:2] **
P4270 : Progetto delle carrozzerie [5:2]
P5110 : Sperimentazione ed affidabilità dell'autoveicolo [5:2]
P5130 : Sperimentazione sulle macchine [4,5:2]

Orientamento R, *Turbomacchine*

Insegnamenti obbligatori
P3360 : Meccanica delle vibrazioni [5:1]
B2120 : Fluidodinamica delle turbomacchine [5:2]
P5130 : Sperimentazione sulle macchine [4,5:2]

Insegnamenti opzionali
P0510 : Calcolo numerico [4:2]
P2080 : Fluidodinamica [4:2]
P3410 : Meccatronica [4:2]
P3850 : Oleodinamica e pneumatica [4,5:2] **

Programmi degli insegnamenti

I programmi sono riportati in ordine di anno e periodo didattico (a parità, in ordine alfabetico): a questa sezione seguono gli indici alfabetici generali, per titoli degli insegnamenti e per nomi dei docenti. Nell'intestazione ai singoli corsi, dove i titolari del corso siano più d'uno e afferenti ad uno stesso dipartimento, il nome del dipartimento non viene ripetuto.

La presente Guida *è andata in stampa il 1993-07-23, e quanto riportato è da ritenersi aggiornato a quella data. La ristrettezza dei tempi di edizione non ha permesso di sottoporre all'attenzione dei singoli docenti i testi che seguono per una finale revisione: il CIDEM si scusa con docenti e studenti per eventuali sviste ed errori residui, assumendosene la responsabilità, e ringrazia anticipatamente coloro che vorranno segnalarli.*

P 0231 Analisi matematica 1

Anno:periodo 1:1 Impegno (ore): lezioni 72 esercitazioni 48 (settimanali 6/4)

Prof. Daniele Percivale, *altro Docente da nominare* (Matematica)

Finalità del corso è fornire gli strumenti di base del calcolo differenziale ed integrale di una variabile, propedeutici ai corsi della Facoltà di ingegneria, utilizzando il linguaggio moderno delle matematica ed insegnando come affrontare i problemi con rigore e spirito critico.

REQUISITI. Le nozioni fondamentali di algebra, di geometria, di trigonometria, secondo i programmi di scuola secondaria superiore.

PROGRAMMA
Teoria degli insiemi.
Insiemi di numeri e loro proprietà (interi, razionali, reali).
Elementi di geometria analitica piana.
Limiti di funzioni di variabile reale.
Successioni.
Continuità e derivabilità.
Proprietà delle funzioni continue e delle funzioni derivabili in un intervallo.
Funzioni elementari.
Sviluppi di Taylor.
Integrali indefiniti.
Integrazione definita (secondo Riemann o secondo Cauchy).
Integrali impropri.
Equazioni differenziali del primo ordine (risoluzione di equazioni a variabili separabili, omogenee e lineari).

BIBLIOGRAFIA.
C. Pagani, S. Salsa, *Analisi matematica, vol. 1,* Masson Italia, 1992
integrato da dispense del docente.

P 0620 Chimica

Anno:periodo 1:1 Impegno (ore): lezioni 85 esercitazioni 30 (settimanali 6/3)

Prof. Cesare Brisi, Prof. Margherita Montorsi, Prof. Mario Vallino
(Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso si propone di fornire le basi teoriche necessarie per la comprensione e l'interpretazione dei fenomeni chimici e di dare una breve rassegna delle proprietà degli elementi comuni e dei loro principali composti. Esso si articola di conseguenza in tre parti: di chimica generale; una di chimica inorganica ed una di chimica organica.

REQUISITI. Per seguire con profitto il corso sono sufficienti le nozioni di base relative alle leggi generali della chimica, alla simbologia e alla nomenclatura.

PROGRAMMA

Chimica generale.
Sistemi omogenei e sistemi eterogenei. Concetto di fase, di composto, di elemento. Teoria atomico-molecolare. Legge di Avogadro. Determinazione dei pesi atomici e molecolari. Concetto di mole. Calcoli stechiometrici. Nomenclatura chimica.
Il sistema periodico degli elementi. L'atomo secondo i modelli classici e quantomeccanici. Interpretazione elettronica del sistema periodico. Fenomeni legati all'emissione delle radiazioni luminose e dei raggi X.
Legame ionico, covalente, metallico. Energia reticolare, energia di legame. Grado di ossidazione.
Isotopia. Energia di legame dei nucleoni. Radioattività. Fenomeni di fissione e di fusione nucleare.
Leggi dei gas. Dissociazione termica. Teoria cinetica dei gas. Legge di Graham. Calore specifico dei gas.
Stato solido. Reticolo cristallino e cella elementare. Difetti reticolari. Soluzioni solide.
Stato vetroso. "Composti" non-stechiometrici.
Stato liquido. Equazione di Clausius–Clapeyron. Tensione di vapore delle soluzioni. Fenomeni crioscopici ed ebullioscopici. Pressione osmotica.
Energia interna ed entalpia. Effetto termico delle reazioni. Entropia ed energia libera di reazione. Velocità di reazione. Catalisi. Legge dell'azione di massa. Principio dell'equilibrio mobile.
Regola delle fasi. Diagrammi di stato a uno e due componenti. Applicazione della legge delle fasi agli equilibri chimici eterogenei.
Soluzioni di elettroliti. Elettrolisi. Costante di ionizzazione. Prodotto ionico dell'acqua. Acidi e basi. *pH*. Idrolisi. Prodotto di solubilità. Potenziale d'elettrodo.
Serie elettrochimica. Tensioni di decomposizione. Potenziali di ossido-riduzione. Cenni di corrosione.

Chimica inorganica.
Proprietà e metodi di preparazione industriale dei seguenti elementi e loro principali composti: idrogeno, ossigeno, sodio, rame, calcio, zinco, alluminio, carbonio, silicio, azoto, fosforo, cromo, uranio, zolfo, manganese, alogeni, ferro.

Chimica organica.
Cenni su idrocarburi saturi e insaturi.
Fenomeni di polimerizzazione.
Alcoli, aldeidi, chetoni, acidi organici, esteri, ammine, ammidi, nitrili.
Benzene e suoi omologhi, fenoli, nitroderivati, ammine aromatiche.

ESERCITAZIONI
Le esercitazioni sono dedicate all'ampliamento di alcuni argomenti oggetto di lezione, ad esperienze di laboratorio e a calcoli relativi agli argomenti di chimica generale. Esse vengono integrate dalla proiezione di film didattici.

BIBLIOGRAFIA
C. Brisi, V. Cirilli, *Chimica generale e inorganica*, Levrotto & Bella, Torino.
M.J. Sienko, R.A. Plane, *Chimica : principi e proprietà*, Piccin, Padova.
C. Brisi, *Esercitazioni di chimica*, Levrotto & Bella, Torino.
P. Silvestroni, *Fondamenti di chimica*, Veschi, Roma.
L. Rosemberg, *Teoria e applicazioni di chimica generale*, (Collana Schaum), ETAS Kompass.
M. Montorsi, *Appunti di chimica organica*, CELID, Torino.

P 1430 Disegno tecnico industriale

Anno:periodo 1:2 Impegno (ore): lezioni 48 esercitazioni 48 laboratori 24 (settimanali 4/4/2)

Prof. Stefano Tornincasa, *altro Docente da nominare* (Sistemi di produzione ed econ. dell'azienza)

Il corso si propone di fornire adeguate basi per far acquisire le capacità di interpretare correttamente un disegno e di rappresentare graficamente i componenti meccanici ai fini tecnologici-costruttivi, con particolare riferimento ai metodi della geometria descrittiva e alla normativa tecnica. Vengono inoltre illustrate le principali tecniche di disegno assistito da calcolatore, con l'uso di programmi specifici (AutoCAD).

PROGRAMMA
Il disegno come mezzo di comunicazione; collocazione del disegno nel ciclo di vita del prodotto.
Normativa nazionale ed internazionale sul disegno tecnico.
Costruzioni geometriche fondamentali, proiezioni ortogonali, sezioni e compenetrazioni di solidi.
Le proiezioni assonometriche ortogonali ed oblique, con richiami alle nozioni fondamentali di geometria descrittiva.
Le proiezioni prospettiche.
Cenni di tecnologia di base: lavorazioni fondamentali per deformazione plastica ed asportazione di truciolo e loro influenza sul disegno dei componenti meccanici.
Elementi base di metrologia tecnologica.
La quotatura funzionale, tecnologica e di controllo; sistemi di quotatura.
Tolleranze di lavorazione dimensionali, relazione con i processi di lavorazione e criteri di scelta degli accoppiamenti.
Cenni sulla finitura superficiale, rugosità, indicazione nei disegni tecnici.
Collegamenti di organi meccanici: collegamenti smontabili.
Filettature: sistemi di filettature, lavorazioni e rappresentazione.
Bulloneria, dispositivi antisvitamento.
Chiavette, linguette, alberi scanalati.
Collegamenti saldati.
Cenni sulla designazione dei materiali metallici.
Il disegno di particolari e di complessivi;
Elementi di disegno assistito da calcolatore: uso di programmi specifici per la rappresentazione bidimensionale e tridimensionale con elementi di modellazione solida.

ESERCITAZIONI
Schizzi e disegni di particolari e di complessivi meccanici semplici. Disegno con elaboratore di particolari mediante impiego di programmi di base (AutoCAD).

P 1901 Fisica 1

Anno:periodo 1:2 Impegno (ore): lezioni 84 esercitazioni 28 laboratori 4 (settimanali 6/2)

Prof. D'Auria, *altro Docente da nominare* (Fisica)

Il corso di propone di fornire gli elementi di base necessari per la comprensione della meccanica del punto e dei sistemi, con particolare riguardo al corpo rigido e ai fluidi dell'ottica geometrica, della fisica del campo gravitazionale e coulombiano.

PROGRAMMA
Metrologia.
Misurazione e incertezza. Sistemi di unità di misura. Analisi dimensionale.
Cinematica del punto.
Moto rettilineo e curvilineo. Moto relativo (classico e relativistico) e covarianza delle leggi fisiche. Riferimenti inerziali e non inerziali.
Dinamica del punto.
Tre principi di Newton. Forze d'inerzia (pseudo-forze). Interazioni: gravitazionale, elettrostatica, elastica. Vincoli e attrito radente (statico e dinamico). Attrito del mezzo (viscoso e idraulico). Lavoro, potenza. Teorema lavoro – energia cinetica.
Campi conservativi.
Gradiente. Potenziale. Energia potenziale. Conservazione dell'energia meccanica. Teorema di Stokes. Teorema e legge di Gauss. Campo gravitazionale e coulombiano.
Oscillazioni: armonica semplice, smorzata, forzata.
Risonanza. Oscillatore anarmonico. Oscillatori accoppiati.
Dinamica dei sistemi.
Centro di massa. Conservazione della quantità di moto. Teorema del momento angolare. Urti. Corpo rigido. Assi principali d'inerzia. Giroscopio.
Statica dei sistemi.
Meccanica dei fluidi.
Legge di Stevino. Legge di Archimede. Equazione di continuità. Teorema di Bernoulli.
Gravitazione e campo gravitazionale.
Ottica geometrica.
Elettrostatica nel vuoto.
Campo elettrostatico. Potenziale di una carica e di un dipolo. Conduttori in equilibrio. Cariche in moto in un campo elettrostatico.

ESERCITAZIONI
In aula: esercizi applicativi sul programma del corso.
In laboratorio (*computer on line*): misurazione di spostamenti e velocità in caduta libera, e dell'accelerazione di gravità; misurazione del periodo del pendolo semplice in funzione della lunghezza e dell'elongazione.

BIBLIOGRAFIA
P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci, *Fisica*, SES.
Alonso, Finn, *Fisica*, Masson, Addison Wesley.
Resnick, Halliday, *Fisica*, Ambrosiana.

P 2300 Geometria

Anno:periodo 1:2 Impegno (ore): lezioni 74 esercitazioni 46 (settimanali 6/4)

Prof. Carla Massaza, Prof. Paolo Valabrega (Matematica)

Il corso si propone di fornire agli studenti una preparazione di base per lo studio di problemi con l'uso di coordinate in relazione alla geometria analitica e di calcolo matriciale in relazione all'algebra lineare.

REQUISITI. Operazione di derivazione ed integrazione inerenti al corso di *Analisi matematica 1*, elementi di geometria e trigonometria della scuola media superiore.

PROGRAMMA
Calcolo vettoriale.
Elementi di geometria analitica del piano, studio di coniche, coordinate polari e numeri complessi.
Geometria analitica dello spazio: piano, rette, questioni angolari, distanze. Proprietà generali di curve e superfici, sfere e circonferenze, coni, cilindri, superfici di rotazione, quadriche.
Elementi di geometria differenziale delle curve.
Spazi vettoriali, applicazioni lineari. Matrici e sistemi lineari.
Risoluzione di equazioni differenziali lineari a coefficienti costanti di ordine n.
Autovalori ed autovettori. Forma canonica di Jordan. Spazi euclidei.

BIBLIOGRAFIA
Greco, Valabrega, *Lezioni di algebra lineare e geometria,* Levrotto & Bella, Torino.
Esercizi di algebra lineare e geometria analitica, CELID.

P 0232 Analisi matematica 2

Anno:periodo 2:1 Impegno (ore): lezioni 72 esercitazioni 48 (settimanali 6/4)

Prof. Maria Mascarello, Prof. Cristina Malaguzzi (Matematica)

Il corso si propone di completare la formazione matematica di base dello studente, con particolare riferimento al calcolo differenziale e integrali in più variabili, alla risoluzione delle equazioni e dei sistemi differenziali ed ai metodi di sviluppo in serie.

REQUISITI. Si richiede allo studente il possesso dei metodi di calcolo e delle considerazioni di carattere teorico forniti dai corsi di *Analisi matematica* e di *Geometria.*

PROGRAMMA
Funzioni continue di più variabili.
Calcolo differenziali in più variabili.
Calcolo differenziale su curve e superfici.
Integrali multipli.
Integrali su curve e superfici.
Spazi vettoriali normati e successioni di funzioni.
Serie numeriche e serie di funzioni.
Serie di potenze.
Serie di Fourier.
Equazioni e sistemi differenziali.

BIBLIOGRAFIA.
A. Bacciotti, F. Ricci, *Lezioni di Analisi matematica II,* Levrotto & Bella, Torino, (nuova edizione) 1991 .
M. Leschiutta, P. Moroni, J. Vacca, *Esercizi di matematica,* Levrotto & Bella, Torino, 1982

P 1902 Fisica 2

Anno:periodo 2:1 Impegno (ore): lezioni 82 esercitazioni 26 laboratori 12 (settimanali 6/2)

Prof. Laura Trossi, Prof. Enrica Mezzetti (Fisica)

La prima parte del corso si propone di fornire gli elementi di base necessari per la comprensione dell'elettromagnetismo nel vuoto e nella materia, della teoria delle onde elettromagnetiche e dell'ottica ondulatoria. La seconda parte è rivolta ai principi fondamentali della fisica atomica. La terza parte è dedicata alla termodinamica.

REQUISITI. Le nozioni impartite nel corso di *Fisica 1.*

PROGRAMMA
Campo elettrico nella materia: dielettrici e conduttori.
Proprietà di trasporto, corrente elettrica, legge di Ohm, effetti termoelettrici.
Interazione magnetica.
Campo magnetico nel vuoto e nella materia: sostanze diamagnetiche, paramagnetiche, ferromagnetiche.

Campi elettrici e magnetici dipendenti dal tempo: legge dell'induzione elettromagnetica, induttanza e cenni ai circuiti RLC, equazioni di Maxwell.
Onde elettromagnetiche nel vuoto e nella materia.
Ottica ondulatoria: interferenza e diffrazione.
Propagazione di onde elettromagnetiche in mezzi anisotropi; polarizzazione della luce.
Interazione della radiazione elettromagnetica con la materia; descrizione effetto fotoelettrico e Compton.
Meccanica quantistica: dualismo onda–particella, principio di indeterminazione di Heisenberg, nozioni introduttive sull'equazione di Schrödinger e funzione d'onda.
Emissione spontanea e indotta: laser.
Termodinamica classica, fino all'introduzione dei potenziali termodinamici, ed elementi di termodinamica statistica: funzione di partizione.

ESERCITAZIONI
Comprendono sia una parte teorica, in cui si propongono e risolvono problemi inerenti alla materia esposta nelle lezioni, sia una parte sperimentale, in cui gli studenti affrontano la problematica della misura di grandezze fisiche, valendosi della strumentazione esistente nei laboratori didattici (uso di strumenti elettrici, misure relative a circuiti elettrici, misura di indici di rifrazione, di lunghezze d'onda con reticoli di diffrazione).

BIBLIOGRAFIA
M. Alonso, E.I. Finn, *Elementi di fisica per l'università. Vol. 2.*
G. Lovera [et al.], *Calore e termodinamica*, Levrotto & Bella, Torino, 1983.
Amaldi, Bizzarri, Pizzella, *Fisica generale : elettromagnetismo, relatività, ottica*, Zanichelli.
Zemansky, *Calore e termodinamica per ingegneri*; a) *Volume unico* (consigliato agli allievi con Fisica tecnica nel piano di studi); b) *Vol. 1* (consigliato ai restanti), Zanichelli.
P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci, *Fisica* (per la parte termodinamica), SES.

P 2170 Fondamenti di informatica

Anno:periodo 2:1 Impegno (ore): lezioni 52 esercitazioni 26 laboratori 26 (settimanali 4/2/2)

Prof. Paolo Lepora (Matematica)
Prof. Paolo Montuschi (Automatica e informatica)

Il corso intende fornire agli allievi una visione sistemistica dei sistemi di elaborazione, attraverso l'analisi delle componenti principali che lo costituiscono (tecnologia, architettura *hardware*, macro-componenti *software*). Obiettivo è quello di dare al futuro ingegnere una visione d'insieme di un sistema di elaborazione, analizzandolo sotto diversi punti di vista, quali: la struttura interna, i principi base di funzionamento, i vantaggi e gli svantaggi, i limiti, le applicazioni dei sistemi informativi.

PROGRAMMA
I fondamenti.
Sistemi di numerazione. Algebra booleana. Funzioni logiche. Codifica dell'informazione.
Tecnologia.
Cenni di tecnologia elettronica (dispositivi, microelettronica, etc.). Reti logiche. Evoluzione tecnologica.

L'architettura di un sistema di elaborazione.
Che cos'è un sistema di elaborazione (*hardware* e *software*). Architettura *hardware*: Unità centrale di elaborazione (CPU), memoria centrale, memoria di massa, unità di ingresso/uscita, struttura a *bus*. Principi base di funzionamento. Varie fasi dell'esecuzione di una istruzione.
Dispositivi periferici.
Stampanti. *Display* (tecnologie, grafica 2D e 3D). Memorie di massa: nastri magnetici, *hard* e *floppy disk*, dischi ottici.
Il software.
Classificazioni: *software* di base, *software* applicativo, *software* di produttività. Fasi dello sviluppo di un programma. Linguaggi di programmazione: classificazioni, caratteristiche della macchina, dell'*assembler* e dei linguaggi evoluti, analisi dei linguaggi principali (Fortran, Pascal, C, ADA), il ciclo di vita del *software*. Cenni di ingegneria del *software*.
Il sistema operativo.
Classificazioni (*multi-task, multi-user, real time*, etc.). Caratteristiche principali di alcuni sistemi operativi (MS-DOS, UNIX, VM, VMS, etc.). Trattamento di *file*: organizzazione di un sistema per il trattamento dei *file*, potenzialità, un caso di studio.
Software di produttività individuale.
Caratteristiche generali. Classificazioni. Fogli elettronici. Sistemi per la gestione degli archivi (*data base*). Pacchetti per la grafica. Elaborazione di testi ed immagini (*desk top publishing*).
Sistemi per la gestione delle basi dati.
Classificazioni (relazionali, gerarchici, etc.). I linguaggi di interrogazione. Il ruolo delle basi di dati nell'organizzazione aziendale.
L'architettura dei sistemi informativi.
Le diverse tipologie degli elaboratori (*personal, mini, mainframe*, etc.) e le loro caratteristiche. I sistemi non convenzionali (architetture vettoriali e/o parallele, etc.). I sistemi distribuiti (*multiprocessor, multicomputer*, etc.).
Le reti di calcolatori.
Le reti geografiche, metropolitane e locali. I mezzi trasmissivi. Il *software* per le reti. Reti pubbliche e private. Alcuni esempi di reti.
Elementi di un linguaggio di programmazione ad alto livello.

BIBLIOGRAFIA

P. Demichelis, E. Piccolo, *Informatica di base, Fortran 77 e Pascal*, Levrotto & Bella, Torino, 1987.
M. Mezzalama, N. Montefusco, P. Prinetto, *Aritmetica dei calcolatori e codifica dell'informazione*, UTET, Torino, 1988.
K. Jensen, N. Wirth, *Pascal user manual and report : ISO Pascal standard*, terza edizione, Springer, New York, 1985.
E. Piccolo, E. Macii, *Fondamenti di informatica : temi d'esame ed esercizi svolti*, Levrotto & Bella, Torino, 1990.
E. Piccolo, *Tecniche di base e tecniche avanzate per l'uso del Personal Computer*, CLUT, Torino, 1992.

P 1795 Elettrotecnica + Macchine elettriche

(Corso integrato)

Anno:periodo 2:2 Impegno (ore): lezioni 72 esercitazioni 48 (settimanali 6/4)

Prof. Murizio Repetto, Prof. Aldo Boglietti (Ing. elettrica industriale)

Scopo del corso è fornire una metodologia per una corretta utilizzazione di macchine ed impianti elettrici, che tenga conto dei problemi di sicurezza dell'operatore e dell'impianto.

REQUISITI. (Consigliati) *Analisi matematica 1 e 2, Fisica 1 e 2.*

PROGRAMMA

Reti elettriche in regime stazionario e quasi stazionario.

Grandezze elettriche fondamentali nei sistemi a parametri concentrati (tensione, corrente, potenza elettrica) e loro proprietà. Regimi di funzionamento. Metodo simbolico. Concetto di bipolo e reti di bipoli. Bipoli normali. Metodi di analisi delle reti di bipoli normali in regime stazionario e sinusoidale. Potenza istantanea, attiva, reattiva e apparente. Rifasamento. Cenni sugli strumenti di misura. Fenomeni transitori elementari. Sistemi trifasi: tipologia e caratteristiche. Sistemi trifasi simmetrici ed equilibrati: rifasamento misure di potenza con inserzione Aron.

Aspetti applicativi della teoria dei campi magnetici.

Campo magnetostatico: richiami sulle proprietà dei materiali ferromagnetici dolci e duri. Circuiti magnetici. Magneti permanenti. Cenni sui circuiti magnetici non lineari. Calcolo di auto- e mutue induttanze nei più comuni componenti elettrici. Campi magnetici quasi stazionari: forze elettromotrici indotte, definizione del potenziale elettrico. Aspetti energetici dei campi elettromagnetici in bassa frequenza: energia immagazzinata, perdite per isteresi e correnti parassite. Conversione elettromeccanica, sistemi a riluttanza: elettromagneti, motori a riluttanza passo–passo.

Elementi di impianti e sicurezza elettrica.

Campo di corrente statico: impianti di messa a terra e normative antinfortunistiche, misure sugli impianti di terra. Dimensionamento e protezione delle condutture. Impianti in bassa tensione. Relè differenziale e sue applicazioni.

Elementi di macchine elettriche.

Trasformatori monofasi: principi di funzionamento, caratteristiche e loro identificazione, modalità costruttive e di impiego. Trasformatori trifasi. Autotrasformatori. Trasformatori di misura. Macchine a induzione, trifasi. Campo magnetico rotante. Principi di funzionamento e caratteristiche. Avviamento e regolazione della velocità. Motore ad induzione monofase. Macchine a corrente continua a collettore. Tipologia e caratteristiche meccaniche. Regolazione di coppia e velocità. Cenni sulle macchine sincrone.

BIBLIOGRAFIA

L. Olivieri, E. Ravelli, *Principi ed applicazioni di elettrotecnica. Vol. 1 e 2*, CEDAM, Padova.

F. Ciampolini, Fondamenti di elettrotecnica, Pitagora, Bologna.

P 3370 Meccanica razionale

Anno:periodo 2:2 Impegno (ore): lezioni 72 esercitazioni 48 (settimanali 6/4)

Prof. Eugenia Longo Marcante, Prof. Antonino Rèpaci (Matematica)

Il corso propone i fondamenti fisico-matematici della meccanica del corpo rigido e dei continui deformabili, con particolare attenzione agli aspetti analitici e applicativi riguardanti l'ingegneria meccanica.
Il corso consta di lezioni ed esercitazioni in aula e presso il LAIB.

REQUISITI. Gli argomenti dei corsi di *Analisi matematica, Geometria e Fisica 1.*

PROGRAMMA
Nozioni generali sui modelli matematici della meccanica.
Richiami di teoria dei vettori liberi e applicati.
Introduzione all'algebra e all'analisi tensoriale.
Cinematica dei moti rigidi: formula fondamentale, angoli di Eulero, teoria dei moti composti, asse di Mozzi, polari, studio di cinematismi piani.
Elementi di cinematica dei continui deformabili.
Statica dei sistemi rigidi: geometria delle masse, tensore d'inerzia, forze, reazioni vincolari, equilibrio, equazioni cardinali della statica con applicazione analitica e grafica.
Dinamica dei sistemi rigidi: riduzione forze d'inerzia, equazioni cardinali della dinamica, integrali primi, teorema e integrale primo dell'energia, sistemi olonomi e equazione di Lagrange, metodi analitici e numerici per lo studio di moti e calcolo della reazioni vincolari. Spazio delle fasi, stabilità, vibrazioni libere e forzate.
Introduzione alle equazioni alle derivate parziali della fisica matematica.
Meccanica dei continui: equazioni costitutive e di bilancio, applicazioni elementari.

P 5574 Tecnologia dei materiali e chimica applicata

(Corso ridotto, 1/2 annualità)

Anno:periodo 2:2 Impegno (ore): lezioni 50 (settimanali 4)

Docente da nominare, Prof. Francesco Marino (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Lo scopo del corso è di far conoscere le proprietà di impiego dei materiali più comuni con i quali un ingegnere meccanico dovrà con ogni probabilità confrontarsi nel corso della sua carriera professionale; verrà pertanto fornito un quadro necessariamente non completo dell'ampia casistica relativa ai materiali per l'ingegneria, senza tuttavia troppo addentrarsi nei procedimenti industriali della loro produzione.

REQUISITI
È indispensabile la conoscenza delle nozioni impartite nel corso di *Chimica*.

PROGRAMMA
Proprietà generali dei materiali. Proprietà tecnologiche dei materiali.
Richiami sulle strutture dei solidi. Difetti strutturali: vacanze e dislocazioni.
Diagrammi di stato.
Acque per usi industriali.
Combustibili.
Carburanti e lubrificanti.
Materiali refrattari. Materiali ceramici tradizionali e per tecnologie avanzate.
Materiali leganti aerei e idraulici.
Materiali ferrosi: elaborazione dei materiali.
Materiali metallici a base di rame e di alluminio: elaborazione dei materiali.
Materiali polimerici termoplastici e termoindurenti; elastomeri.
Materiali compositi a matrice polimerica, metallica o ceramica.

BIBLIOGRAFIA
C. Brisi, *Chimica applicata*, Levrotto & Bella, Torino.
P. Appendino, C. Gianoglio, *Esercizi di chimica applicata*, CELID, Torino.

P 0845 Controlli automatici + Elettronica applicata

(Corso integrato)

Anno:periodo 3:1 Impegno (ore): lezioni 50 esercitazioni 50

Prof. Gustavo Belforte, Prof. Leopoldo Ietto (Automatica e informatica)

Scopo del corso è di introdurre lo studente all'analisi dei sistemi dinamici ed al progetto di semplici sistemi di controllo dando altresì alcune indicazioni sui circuiti elettronici per realizzare tali sistemi.

PROGRAMMA
Strumenti matematici per l'analisi di sistemi dinamici: la trasformata di Laplace.
Cenni di modellistica: costruzione di modelli di sistemi elettrici, elettronici, meccanici, elettromeccanici, ecc.
Rappresentazione dei sistemi dinamici in variabili di stato e mediante funzione di trasferimento. Algebra dei blocchi.
Evoluzione nel tempo dei sistemi dinamici. Matrici di transizione.
La stabilità dei sistemi dinamici. Stabilità alla Lyapunov e BIBO stabilità.
Controllabilità e osservabilità dei sistemi dinamici. Forme canoniche.
Retroazione degli stati e osservatore degli stati.
Il controllo in catena aperta e in catena chiusa.
Diagrammi di Bode e di Nyquist.
Stabilità dei sistemi retroazionati: criterio di Routh–Hurwits, il criterio di Nyquist.
La risposta transitoria e a regime dei sistemi dinamici.
Specifiche del dominio del tempo e della frequenza per i sistemi dinamici. Attenuazione dei disturbi parametrici e additivi. Astaticità ai disturbi.
Il luogo delle radici.
Progetto di compensatori in serie basati sul diagramma di Bode della funzione di trasferimento di anello.
Circuiti e dispositivi elettronici per la realizzazione di compensatori e controllori.

ESERCITAZIONI
Si prevede di svolgere delle esercitazioni su calcolatore con l'uso di MatLab.

P 3230 Meccanica dei fluidi

Anno:periodo 3:1 Impegno (ore): lezioni 68 esercitazioni 52 (settimanali 6/4)

Prof. Luigi Butera, Prof. Sebastiano Sordo (Idraulica, trasporti e infrastr. civili)

Il corso si propone di fornire gli elementi per il proporzionamento dei recipienti destinati a contenere fluidi e delle condotte per il loro convogliamento. Partendo da una impostazione teorica, si perviene alle applicazioni pratiche, con particolare riguardo a quelle specifiche dell'area meccanica.

REQUISITI. È opportuno che lo studente abbia già seguito le discipline: *Analisi matematica 1 e 2, Fisica 1 e 2, Meccanica razionale.*

PROGRAMMA

Idrostatica.

Pressione. Pressione nell'intorno di un punto. Equazioni locali di equilibrio. Statica dei fluidi pesanti comprimibili ed incomprimibili. Carico piezometrico. Piezometri, manometri metallici e a mercurio, semplici e differenziali. Azioni dei liquidi su superfici. Spinta su superfici piane e curve.

Idrodinamica dei fluidi perfetti e reali.

Impostazione del problema da un punto di vista euleriano o lagrangiano. Equazioni dei liquidi perfetti. Teorema di Bernoulli. Estensione alle correnti. Estensione del teorema di Bernoulli ai fluidi comprimibili. Applicazioni ad alcuni processi di efflusso. Moti a potenziale di velocità. Equilibrio relativo; equazioni in condizioni di equilibrio relativo; spinta su superfici in condizioni di equilibrio relativo; teorema di Bernoulli per il moto relativo. Analisi dimensionale. Moto di Navier–Stokes. Moto laminare. Tensioni turbolente e moto turbolento. Tubi lisci, tubi scabri. Indice di resistenza e legame con le velocità medie, locali, massime e d'attrito. Diagrammi risolutori dei problemi di progetto e verifica. Dipendenza di i da Q e D nei vari regimi. Formule pratiche del moto uniforme. Moto dei fluidi comprimibili in condotti cilindrici. Resistenze localizzate. Perdite di carico per brusche variazioni di direzione e sezione. Cenno ai liquidi bifasi. Fluidi non newtoniani. Lunghe condotte e reti di condotte. Problemi idraulicamente indeterminati e criteri di economia. Reti chiuse. Metodo di Cross. Condotte in depressione.

Moto vario nelle condotte in pressione.

Colpo d'ariete nelle condotte adduttrici. Colpo d'ariete negli impianti di sollevamento. Dispositivi d'attenuazione: casse d'aria, influenza del tipo di trasformazione subita dall'aeriforme.

Filtrazione.

Legge di Darcy–Ritter e generalizzazione. Moto permanente in falde artesiane e freatiche.

Teoria dei modelli.

Modelli simili e distorti. Modelli analogici.

Le misure di portata.

BIBLIOGRAFIA

De Marchi, *Idraulica*, Hoepli, Milano, 1986.
Citrini, Noseda, *Idraulica*, Ambrosiana, 1975.
Ghetti, *Idraulica*, Cortina, Padova, 1980.
Marchi, Rubatta, *Meccanica dei fluidi*, UTET, Torino, 1982.
Durante lo svolgimento del corso verranno forniti appunti riguardanti alcuni argomenti svolti a lezione.

P 4600 Scienza delle costruzioni

Anno:periodo 3:1 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 60 (settimanali 6/6)

Prof. Alberto Carpinteri (Ing. strutturale)

Scopo del corso è quello di introdurre la meccanica dei solidi elastici lineari con le equazioni di equilibrio, di congruenza e costitutive. Tali relazioni vengono dedotte nel caso dei solidi tridimensionali (corpi tozzi), bidimensionali (lastre o piastre) e unidimensionali (travi) e quindi unificate in una formulazione del tutto generale, utile soprattutto per le applicazioni numeriche.
Viene trattata poi la teoria dei sistemi di travi, sotto il duplice aspetto statico e cinematico. L'equilibrio delle strutture isostatiche è interpretato sia sul piano algebrico che su quello grafico, ed in tale contesto vengono definite le caratteristiche interne della sollecitazione. La soluzione delle strutture iperstatiche viene proposta in linea generale applicando sia il metodo delle forze (o della congruenza) che quello degli spostamenti (o dell'equilibrio). Quest'ultimo si rivela particolarmente utile per eseguire in maniera automatica il calcolo dei sistemi a molti gradi di iperstaticità.
Vengono analizzati quindi in particolare i telai a nodi fissi e i telai a nodi spostabili con due metodi alternativi: il cosiddetto "metodo dei telai piani" (secondo il quale si svincola la struttura introducendo cerniere in tutti i nodi–incastro), e il principio dei lavori virtuali. Vengono infine descritti i fenomeni di collasso più frequenti nell'ingegneria strutturale: lo svergolamento, lo snervamento e la frattura fragile.

REQUISITI. *Analisi matematica 1 e 2, Fisica 1, Meccanica razionale.*

PROGRAMMA
1. Geometria delle aree.
2. Cinematica dei sistemi di travi.
3. Statica dei sistemi di travi.
4. Sistemi di travi isostatici.
5. Analisi della deformazione.
6. Analisi della tensione.
7. Legge costitutiva elastica.
8. Criteri di resistenza.
9. Solido di Saint Venant.
10. Sistemi di travi iperstatici.
11. Fenomeni di collasso strutturale.
12. Metodo degli elementi finiti.

BIBLIOGRAFIA
A. Carpinteri, *Scienza delle costruzioni. Vol. 1 e 2*, Pitagora, Bologna, 1992.

P 1405 Disegno di macchine + Tecnologia meccanica

(Corso integrato)[3]

Anno:periodo 3:2 Impegno (ore): lezioni 70 esercitazioni 42 laboratori 8 (settimanali 6/4)

Prof. Antonio Zompì, Prof. Raffaello Levi (Sistemi di produzione ed econ. dell'azienza)

L'insegnamento, che collega organicamente il corso di *Disegno tecnico industriale* del primo anno al corso di *Tecnologia meccanica* del quarto anno, ha lo scopo di integrare le nozioni del disegno tecnico applicate alla rappresentazione degli organi meccanici con quelle relative a componenti e montaggi tipici delle macchine ed ai processi di lavorazione e collaudo utilizzati nella produzione meccanica.

PROGRAMMA

Organi di macchine tipici.
Cuscinetti radenti, volventi e speciali a basso attrito (idrostatici, pneumostatici, elettromagnetici). Criteri di scelta e di montaggio dei cuscinetti.
Trasmissioni mediante flessibili (cinghie, catene) ed ingranaggi; montaggi ed applicazioni tipiche alle macchine utensili.
Materiali metallici, loro designazione unificata e proprietà meccaniche in relazione ai processi di lavorazione; rilievi di laboratorio (prove di trazione e di durezza).
Processi di lavorazione per asportazione di truciolo per la produzione di pezzi finiti. La formazione del truciolo; teorie sul taglio dei metalli con applicazioni ai principali processi. Attrito tra superfici metalliche nei processi di lavorazione meccanica. Forze e potenze di taglio.
Tornitura, foratura, alesatura, fresatura, mortasatura, brocciatura, rettificazione.
Tolleranze di lavorazione, dimensionali e geometriche in relazione con i processi di lavorazione, criteri di scelta e condizioni funzionali, metodi di misura.
Metrologia tecnologica: metodi e mezzi per misure dimensionali (lineari ed angolari); dispositivi impiegati su macchine utensili e di misura.
Finitura superficiale e rugosità: designazione in relazione alle lavorazioni meccaniche.
Materiali per utensili, unificazione, tipi e forme; durata, degrado e usura. Cicli di lavorazione per particolari meccanici.

ESERCITAZIONI

Disegni di complessivi tipici con particolare riferimento alle macchine utensili. Cicli di lavorazione per organi di macchine. Calcoli relativi alla meccanica dei processi di lavorazione. Osservazione dei principali processi di lavorazione meccanica e misura delle forze di taglio in tornitura e foratura.

BIBLIOGRAFIA

G. Manfrè, R. Pozza, G. Scarato, *Disegno meccanico. Vol. 2 e 3*, Principato, Milano, 1989.
S. Kalpakjian, *Manufacturing engineering and technology*, Addison Wesley, Reading, 1992.

P 2060 Fisica tecnica

Anno:periodo 3:2 Impegno (ore): lezioni 66 esercitazioni 34 (settimanali 4/4)

Prof. Paolo Anglesio, Prof. Emilio Cafaro (Energetica)

Il contenuto del corso è quello tradizionale della *Fisica tecnica* presso questa Facoltà; comprende argomenti strettamente termici (termodinamica applicata e termofluidodinamica) che costituiscono un collegamento tra corsi del biennio (*Fisica 2*) e del triennio (*Macchine*); contiene argomenti più particolari (illuminotecnica e acustica applicata) che di norma non vengono ripresi in corsi successivi.

REQUISITI. *Fisica 2, Meccanica dei fluidi*

PROGRAMMA
Illuminotecnica.
Grandezze fondamentali, fotometriche ed energetiche. Sorgenti, campione fotometrico. Curva di visibilità. Lampade e loro efficienza.
Acustica applicata.
Onde e propagazione dell'energia elastica. Audiogramma normale. Proprietà dei materiali. Riverberazione. Isolamento acustico.
Termodinamica applicata.
Sistemi, stati, trasformazioni. Principio di conservazione dell'energia, equazioni in forma termica e meccanica, per sistemi chiusi e aperti. Energia interna ed entalpia. Secondo principio della termodinamica, entropia, irreversibilità, energia utilizzabile. Gas perfetti e gas quasi perfetti; proprietà; cicli diretti ideali (Otto, Joule, Diesel, Carnot e cicli rigenerativi). Vapori e loro proprietà; cicli diretti ideali; rigenerazione. Cicli inversi. Effetto Joule–Thomson, gas reali. Miscele aria–vapore; diagramma di Mollier dell'aria umida.
Termofluidodinamica.
Fenomeni di trasporto dell'energia, della quantità di moto e della massa. Principi di conservazione. Analisi dimensionale. Resistenze al moto. Moto prodotto da differenza di densità. Conduzione termica, legge di Fourier, conducibilità, casi piano e cilindrico. Convezione, naturale e forzata. Analogia di Reynolds, modifica di Prandtl. Irraggiamento, leggi fondamentali, scambio termico tra corpi neri e grigi. Scambio termico liminare e globale, resistenza termica. Scambiatori di calore, metodi numerici alle differenze finite.

ESERCITAZIONI
Illuminazione artificiale di una strada. Ciclo Joule diretto, con attriti. Ciclo Rankine diretto, con rigenerazione e con cogenerazione. Scambio termico e resistenze al moto in scambiatore di calore. Rumorosità di una macchina. Umidità relativa dell'aria (psicrometro).

BIBLIOGRAFIA
C. Codegone, *Fisica tecnica*, 6 vol., Giorgio, Torino, 1969.
C. Boffa, P. Gregorio, *Elementi di fisica tecnica*, Levrotto & Bella, Torino, 1976.
P. Anglesio, M. Calì, G.V. Fracastoro, *Esercitazioni di fisica tecnica*, CELID,Torino, 1985.
A. Cavallini, L. Mattarolo, *Termodinamica applicata*, CLUP, Padova, 1990.

P 3210 Meccanica applicata alle macchine

Anno:periodo 3:2 Impegno (ore): lezioni 68 esercitazioni 52 (settimanali 6/4)

Prof. Guido Belforte, Prof. Bruno Piombo (Meccanica)

Scopo del corso è di esaminare le leggi fondamentali che regolano il funzionamento delle macchine, di effettuare l'analisi funzionale dei componenti meccanici e l'analisi dinamica dei sistemi meccanici.

REQUISITI. Nozioni di meccanica di base.

PROGRAMMA
Leggi di aderenza e di attrito. Attrito radente e volvente.
Meccanismi vite e madrevite. Freni a ceppi piani, a tamburo, a disco. Frizioni piane e coniche.
Flessibili: cinghieri, funi, catene. Trasmissione con flessibili. Paranchi.
Giunti di trasmissione: cardani e giunti omocinetici. Sistemi con camme e punterie.
Trasmissione del moto con ruote dentate tra assi paralleli, incidenti e sghembi; coppia vite senza fine – ruota elicoidale. Forze scambiate tra gli ingranaggi. Rotismi ordinari ed epicicloidali. Riduttori di velocità, differenziali, cambi di velocità.
Azioni di contatto e cuscinetti a rotolamento. Proprietà dei lubrificanti. Teoria elementare della lubrificazione. Pattini e perni lubrificanti.
Equilibri dinamici. Applicazione del teorema della quantità di moto, del momento della quantità di moto e dell'energia. Sollecitazioni dinamiche su elementi rotanti ed equilibramento dei rotori.
Studio dei fenomeni transitori nelle macchine. Accoppiamento di macchine motrici ed operatrici. Funzionamento in regime periodico. Calcolo dei volani.
Vibrazioni di sistema a parametri concentrati ad uno e a più gradi di libertà. Uso delle trasformate nello studio dei sistemi vibranti. Misura delle vibrazioni. Trasmissibilità. Velocità critiche.
Applicazioni delle trasformate di Laplace allo studio di sistemi meccanici.
Componenti e sistemi di automazione pneumatici ed oleodinamici.
Tecniche di controllo digitali.

BIBLIOGRAFIA
Belforte, *Meccanica applicata alle macchine,* Giorgio, Torino, 1989.
Jacazio, Piombo, *Meccanica applicata alle macchine,* Levrotto & Bella, Torino, 1991.
Ghigliazza, *Guida alla progettazione funzionale delle macchine,* Tolozzi.
Jacazio, Piombo, *Esercizi di meccanica applicata alle macchine,* Levrotto & Bella, Torino, 1983.

P 5584 Tecnologia dei materiali metallici

(Corso ridotto, 1/2 annualità)

Anno:periodo 3:2 Impegno (ore): lezioni 40 esercitazioni 6 laboratori 4 (settimanali 4)

Prof. Giorgio Scavino, Prof. Donato Firrao (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso si propone di fornire le nozioni fondamentali a riguardo dell'influenza della composizione e della struttura delle leghe metalliche sulle relative proprietà meccaniche, in modo da consentire la comprensione dei criteri che bisogna seguire sia nella selezione dei materiali metallici per gli impieghi nelle costruzioni industriali, sia nella scelta dei trattamenti termici più adatti per gli usi a cui essi saranno destinati. Le nozioni impartite costituiscono quindi la base indispensabile per le discipline che si occupano di progettazione e costruzione di macchine.

REQUISITI. Per seguire il corso, che si articola in lezioni, esercitazioni in aula e prove in laboratorio, è necessario avere assunto come propedeutiche le nozioni fornite nel corso di *Tecnologia dei materiali e chimica applicata* e *Scienza delle costruzioni.*

PROGRAMMA
Proprietà generali dei metalli: magnetiche, elettriche, di conducibilità termica, meccaniche fino alla tenacità a frattura (con svolgimento delle relative prove). Cenni di teoria della plasticità. *Creep.*
Diagrammi di stato dei sistemi metallici.
Trattamenti termici massivi; temprabilità degli acciai; previsione delle caratteristiche meccaniche dopo tempra e rinvenimento. Trattamenti termici e termochimici superficiali con previsione delle caratteristiche meccaniche in relazione ai differenti parametri di processo. Classificazioni nazionali e internazionali degli acciai, proprietà specifiche delle varie classi e criteri di selezione. Cicli termici particolari di trattamento termico. Prove di induttibilità.
Ghise, proprietà e applicazioni.
Leghe di rame e criteri di selezione.
Leghe leggere per deformazione plastica e per fonderia. Classificazioni, criteri di selezione e trattamenti termici specifici.
Cenni di tecnologia di fonderia e di metallurgia delle polveri.
Saldatura e saldabilità delle leghe e riflessi sulle caratteristiche in opera.
Metallografia delle leghe in diverse condizioni metallurgiche.

ESERCITAZIONI
Prove meccaniche sui materiali: trazione, torsione, durezza, resilienza, tenacità, fatica, usura, *creep*. Metallografia ottica ed elettronica. Frattografia. Prove non distruttive. Prove di temprabilità. Calcoli di previsione delle proprietà meccaniche dei manufatti dopo trattamento termico e termochimico.
Molti argomenti verranno illustrati mediante prove in laboratorio.

BIBLIOGRAFIA
A. Burdese, *Metallurgia e tecnologia dei materiali metallici*, UTET, Torino, 1992.
I. Amato, *Corso di tecnologia dei materiali metallici. Esercitazioni*, CLUT, Torino, 1983.
L. Matteoli, *Corso di tecnologia dei materiali. Vol. 1 e 2*, Levrotto & Bella, Torino, 1982.
G.E. Dieter, *Mechanical metallurgy*, McGraw-Hill Kogakusha, Tokyo, 1976.

P 0350 Automazione a fluido

Anno:periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 56 laboratori 52 (settimanali 4/4)

Prof. Guido Belforte (Meccanica)

Il corso ha lo scopo di far conoscere i diversi sistemi di automazione a fluido attualmente adoperati e di fornire le nozioni di base indispensabili per una corretta progettazione e per un uso razionale degli impianti a fluido. Vengono quindi analizzati componenti ed elementi di vari tipi di sistemi pneumatici, micropneumatici e fluidici, digitali e proporzionali.
Vengono inoltre fornite nozioni di analisi dei sistemi, di tecniche di automazione digitale, di modellazione dei sistemi pneumatici.

REQUISITI. *Meccanica applicata alle macchine.*

PROGRAMMA.
Proprietà dei sistemi pneumatici, fluidici, oleodinamici. Proprietà dei fluidi.
Unità di misura, strumenti di misura e trasduttori. Attuatori pneumatici: cilindri e relative regolazioni. Valvole pneumatiche.
Principi di algebra logica.
Elementi pneumatici logici ed elementi micropneumatici. Getti e principi di fluidica.
Elementi fluidici digitali e proporzionali. Caratteristiche di funzionamento di valvole pneumatiche e di elementi fluidici. Coefficienti di valvole.
Sistemi oleopneumatici.
Tecniche di controllo digitali: sequenziatori, contatori, programmatori a fase, microprocessori. Diagrammi funzionali: movimenti-*fsi*, *grafcet*, *gemma*.
Elementi di interfaccia, elettrovalvole e sistemi elettropneumatici. Sensori, ed elementi di fine corsa. Elementi periferici e complementari.
Modellazione e comportamento dinamico dei sistemi pneumatici, propagazione dei segnali pneumatici. Sistemi pneumatici proporzionali; posizionatori pneumatici.
Esercizio dei circuiti. Alimentazione degli impianti, trattamento dell'aria. Affidabilità, aspetti energetici, ecologici e di sicurezza.
Applicazioni: sistemi digitali con sequenziatori, controllori programmabili PLC, microprocessori.

ESERCITAZIONI.
Nelle esercitazioni (da svolgersi in laboratorio) vengono approfonditi argomenti trattati nelle lezioni, vengono impartite nozioni di base sull'uso della strumentazione adoperata nei sistemi a fluido, e vengono eseguite prove su componenti, circuiti e sistemi in modo da acquisire una conoscenza, per quanto possibile, pratica della materia.

BIBLIOGRAFIA.
Belforte, D'Alfio, *Applicazioni e prove dell'automazione a fluido,* Giorgio, Torino, 1992.
Belforte, *Pneumatica,* Tecniche nuove, Milano, 1992.
Bouteille, Belforte, *Automazione flessibile elettropneumatica e pneumatica,* Tecniche nuove, Milano, 1987.

P 0920 Costruzione di autoveicoli

Anno:periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 56 esercitazioni 28 (settimanali 4/2)

Prof. Alberto Morelli (Energetica)

Scopo del corso è l'introduzione alla conoscenza dei principali temi di tecnica automobilistica.
Il corso si svolgerà con lezioni, esercitazioni , visite di istruzione.

REQUISITI. *Meccanica razionale, Meccanica applicata, Disegno di macchine + Tecnologia meccanica, Scienza delle costruzioni.*

PROGRAMMA
Definizione di autoveicolo e sue categorie.
Organi principali e loro suddivisione.
Sistemi di riferimento, terminologia e simbologia.
Ruote.
Origine e principali giustificazioni della adozione della ruota pneumatica negli autoveicoli. Costituzione del cerchio e sue varie conformazioni. Costituzione del pneumatico, tipi di struttura. Caratteristiche funzionali. Azioni trasmesse al suolo in funzione della deformazione. Modello meccanico. Rotolamento.
Aderenza ruota–suolo.
Aderenza per adesione e per isteresi. Pressioni nell'orma di contatto.
Mozzi per ruote folli e motrici. Evoluzione dei cuscinetti di rotolamento impiegati.
Sospensioni.
Modelli funzionali. Elementi rigidi e deformabili. Giunzioni e articolazioni. Ammortizzatori a gas e a doppia camera. Ammortizzatori misti e regolabili. Cinematismo delle sospensioni. Introduzione dei gradienti cinematici e classificazione delle sospensioni in funzione di essi. Cinematica trasversale e longitudinale. Sospensioni a centri virtuali. Sospensioni a ruote indipendenti. Principali tipi di sospensioni adottati e loro diversificazione in funzione dell'impiego. Sospensioni autolivellanti ed attive.
Sterzo.
Sterzatura e sterzata. Sterzatura cinematica e dinamica. Geometria della sterzata. Cinematismi di accoppiamento delle ruote e del comando centralizzato. Scatole guida. Servosterzi.
Trasmissione del moto dal motore alle ruote.
Campo ideale di potenza disponibile. Schemi di trasmissione. Frizione. Cambi ad ingranaggi. Cambi automatici e continui. Sincronizzatori e *power shift*. Rinvio fisso. Ripartitori di coppia e "differenziali". Ripartitori frenati, bloccabili "autobloccanti". Ripartitori speciali.
Freni a disco e a ganasce. Schemi funzionali ed effetti termici. Sistemi di ripresa dei giochi. Correttori di frenata. Servofreni. Sistemi antibloccaggio.

ESERCITAZIONI
Disegno di un nodo di una scocca e particolare di una carrozzeria. Disegno e calcoli di massima di una sospensione. Calcolo dello sforzo sullo sterzo.

BIBLIOGRAFIA
A. Morelli, *Costruzioni automobilistiche*, ISEDI, Mondadori.
C. Deutsch, *Dynamique des véhicules routiers. Données de base*, Onser, Paris, 1970.

P 1020 Costruzione e tecnologia del pneumatico e degli antivibranti

Anno:periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 28 (settimanali 6/2)

Prof. Ignazio Amato (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso si propone di fornire le nozioni fondamentali sulla struttura, sulle caratteristiche e sul comportamento meccanico della gomma come materiale relativamente alle sue applicazioni più importanti (pneumatici, sistemi antivibranti, articoli tecnici). Sarà approfondito in particolare l 'esame dei fattori che determinano le proprietà peculiari del materiale. Nella seconda parte saranno trattate le caratteristiche strutturali e la meccanica del pneumatico, il suo comportamento su strada e in prove di laboratorio nonché le proprietà dei sistemi antivibranti a base di elastomeri.
Il corso comprende lezioni, esercitazioni e visite di istruzione.

REQUISITI. *Tecnologia dei materiali e chimica applicata, Meccanica applicata alle macchine, Costruzioni automobilistiche.*

PROGRAMMA
Premessa. I materiali polimerici: stato vetroso e stato gommoso, temperatura di transizione vetrosa di un polimero.
Struttura e proprietà degli elastomeri più importanti. La gomma naturale. Gli elastomeri sintetici: SBR, poli-isoprene, polibutadiene. Elastomeri saturi: elastomeri oleoresistenti; elastomeri speciali.
Natura dell'elasticità della gomma. Il reticolo elastomerico ideale. Equazione gaussiana dell'elasticità della gomma ideale. Comportamento reale delle gomme. Proprietà viscoelastiche: misure dinamo-meccaniche.
La vulcanizzazione della gomma: condizioni sperimentali e andamento della reazione. I termoelastomeri. Principali classi di additivi e agenti rinforzanti: nerofumo, cariche, plastificanti. Proprietà fisico-meccaniche dei vulcanizzati e fatti che le influenzano: curve dinamometriche, durezza, isteresi, resilienza, abrasione, attrito, fatica. Processi di invecchiamento.
Tecnologie di trasformazione degli elastomeri.
Il pneumatico: struttura, elastomeri impiegati: materiali tessili. Processo di produzione.
Meccanica del pneumatico: parti costituenti e loro funzioni. Tipi di pneumatici e campi di impiego. Caratteristiche meccaniche radiali, longitudinali e trasversali. Assorbimento di potenza. Aderenza su asciutto e bagnato, fatica, abrasione. Valutazioni in laboratorio e su strada.
Sistemi antivibranti: vibrazioni meccaniche libere e forzate in sistemi che utilizzano elastomeri. Tecniche di misura e comportamento dei vari materiali. Esempi di applicazione degli antivibranti.
Manufatti in gomma per autoveicoli: cinghie di trasmissione, tubi, guarnizioni, giunzioni.

BIBLIOGRAFIA
F.R. Eirich, *Science and technology of rubber*, Academic Press, New York, 1978.
C.M. Blow, *Rubber technology and manufacture*, Butterworths, London, 1975.
Enciclopedia internazionale di chimica, PEM, 1972, vol. V, p. 425-484.
K. Nagdi, *Manuale della gomma*, Tecniche Nuove, Milano, 1987.

P 1070 Costruzioni idrauliche

Anno:periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 40 laboratori 10 (settimanali 4/4)

Prof. Luigi Butera (Idraulica, trasporti e infrastr. civili)

Il corso si propone di fornire adeguate basi per la soluzione dei più importanti problemi riguardanti l'utilizzazione delle risorse idriche nei suoi molteplici aspetti idropotabili, irrigui e idroelettrici.

PROGRAMMA
Opere per la regolazione delle portate dei corsi d'acqua naturali. Generalità.
Dighe di sbarramento.
A Dighe murarie. Dighe a gravità: ordinarie, a speroni, a vani interni. Dighe a volta: ad arco, ad arco-gravità, a cupola. Dighe a volta o solette, sostenute da contrafforti.
B Dighe di materiali sciolti: di terra omogenee, di terra e/o pietrame, zonate, con nucleo di terra per la tenuta, di terra permeabile o pietrame, con manto o diaframma di tenuta di materiali artificiali.
C Sbarramenti di tipo vario.
Arginature fluviali. Tipologia. Verifiche statiche ed idrauliche.
Opere per il funzionamento di un lago artificiale. Opere di presa, scaricatori di superficie, scaricatori in pressione.
Opere per la derivazione delle acque. Generalità. Traverse di derivazione di tipo fisso. Traverse di derivazione di tipo mobile. Tipi diversi di paratoie. Opere complementari per la derivazione delle acque a mezzo di traverse fisse o mobili.
Opere per il trasporto e l'utilizzazione delle acque. Generalità. Opere di adduzione a pelo libero ed in pressione. Bacini di carico. Pozzi piezometrici. Condotte forzate. Opere di restituzione.
Metodi numerici nelle costruzioni idrauliche.

ESERCITAZIONI.
Le esercitazioni toccheranno e riprenderanno gli argomenti trattati a lezione, con specifico riguardo al calcolo progettuale delle strutture.

BIBLIOGRAFIA
F. Contessini, *Dighe e traverse*, Tamburini, Milano.
F. Evangelisti, *Impianti idroelettrici.*
F. Arredi, *Costruzioni idrauliche* (testo di consultazione).

P 1080 Costruzioni in acciaio

Anno:periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 30 (settimanali 4/2)

Prof. Vittorio Nascè (Ing. strutturale)

Il corso è successivo a quelli di *Scienza* e di *Tecnica delle costruzioni* e si propone quale corso applicativo, per la conoscenza delle tipologie strutturali e metodologie specifiche di progetto e verifica delle costruzioni in acciaio.

REQUISITI. Nozioni propedeutiche al corso sono in particolare quelle attinenti le verifiche di resistenza e stabilità delle aste a sezione metallica.

PROGRAMMA
Il corso inizia con un inquadramento storico della costruzione metallica e del suo sviluppo tipologico, in rapporto alla evoluzione dei materiali – ghisa, ferro, acciaio – alla teoria delle strutture ed alle tecniche costruttive.
Segue una parte dedicata agli acciai, agli elementi costruttivi ed ai loro collegamenti; in tale parte sono anche considerati gli elementi in lamiera piegata a freddo, quelli composti di acciaio e calcestruzzo, le funi ed i relativi dispositivi di vincolo.
Nella terza parte del corso si trattano i problemi di sicurezza specifici delle costruzioni in acciaio; si esaminano il comportamento elastoplastico, i diversi aspetti di instabilità dell'equilibrio, i problemi di rottura fragile e di rottura per fatica.
Nella parte conclusiva del corso si analizzano i principali tipi di strutture che intervengono nella costruzione di edifici multipiano, capannoni industriali e grandi coperture.

BIBLIOGRAFIA
G. Ballio, F.M. Mazzolani, *Strutture in acciaio*, ISEDI, Milano.
G. Ballio, S. Caramelli, V. Nascè, *Teoria delle costruzioni in acciaio. Strutture in acciaio per edifici*, in *Manuale di ingegneria civile, vol. 2*, Zanichelli, ESAC, Bologna.

P 1710 Elettronica applicata

Anno:periodo 4:1 Impegno (ore settimanali): lezioni 6 esercitazioni 4

Prof. Maurizio Zamboni (Elettronica)

Il corso intende fornire i principi base dell'elettronica, con particolare riferimento alle applicazioni dei componenti e dei sistemi elettronici soprattutto in relazione alle loro applicazioni in ambiente industriale.

REQUISITI. Elettrotecnica base, variabili complesse, doppi bipoli. Serie di Fourier.

PROGRAMMA
Richiami di elettrotecnica di base. Analisi di reti nel dominio del tempo e della frequenza. Analisi di transitori.
Componenti passivi ed attivi: concetto di modello elettrico. Resistenze, induttanze, condensatori; diodi; transistori.
Amplificatori: classificazione ed impiego, reazione positiva e negativa. Amplificatori operazionali.
Oscillatori. Circuiti non lineari. Applicazioni con diodi e amplificatori operazionali.
Alimentatori e regolatori.
Acquisizione dati: definizione di conversione digitale/analogica e analogica/digitale. Convertitori A/D e D/A. *Sample & hold.* Sistemi di acquisizione dati.
Elaboratori elettronici: cenni all'algebra di Boole, circuiti logici combinatori e sequenziali. Famiglie logiche bipolari e MOS, organizzazione di un elaboratore, descrizione di una unità centrale integrata. Cenni sui linguaggi e sui sistemi operativi.

ESERCITAZIONI.
Le esercitazione riguardano l'approfondimento dei concetti definiti a lezione e portano al progetto di semplici circuiti esemplificativi.

BIBLIOGRAFIA
J. Millman, A. Grabel, *Microelectronics*, McGraw-Hill, 1987.

10087 Fisiologia veterinaria ed etologia (e protezione animale)

(Corso della Facoltà di med. veterinaria dell'Univ. degli studi di Torino)

Anno:periodo 4:1

[NdR: informazioni dettagliate sul corso non pervenute in tempo per la stampa]

P 2740 Impianti metallurgici

Anno:periodo 4:1 Impegno (ore settimanali): lezioni 8 esercitazioni 4

Prof. Mario Rosso (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso fornisce una conoscenza dei principali impianti specifici dell'industria metallurgica e ceramurgica, con particolare riferimento al ciclo produttivo, al processo e alla conduzione dell'impianto, ai bilanci termici e di materia, ai riflessi del processo di produzione sulle proprietà dei materiali.

PROGRAMMA

Parte generale

Gli impianti metallurgici. Parametri di produzione. Schemi di flusso.
Gestione e manutenzione degli impianti. Servizi generali. Movimentazione interna e impianti di trasporto dei materiali.
Classificazione e controllo dei forni metallurgici. Combustione, preriscaldamento e ricupero del calore. Impianti di depurazione e di utilizzazione dei gas combusti. Scambiatori ceramici ed a fascio tubiero.
Automazione degli impianti metallurgici.
Isolamento e riduzione dei rumori e vibrazioni.
L'infortunistica nell'industria metallurgica.

Parte speciale

Impianti di trattamento dei minerali. Impianti di macinazione, arricchimento, pellettizzazione ed agglomerazione.
Impianti di riduzione. Riducibilità degli ossidi ferrosi e non ferrosi. Effetto dei costituenti delle scorie. Forni a tino. Altoforno. Dimensionamento. Processo e dati di funzionamento. Bilancio di materia. Bilancio termico. Impianti ausiliari. Forni a tino nelle metallurgie non ferrose e per produzione di ghisa per getto. Linee di colata. Formatura. Impianti di recupero delle terre.
Impianti di affinazione. Bagni metallici fusi. Equilibrio metallo–scoria. Impianti di pre-affinazione dell'acciaio. Convertitori. Bilanci termici e di materia. Forni a suola negli impianti ceramurgici e nelle metallurgie da solfuri. Convertitori per rame e per metalline. Forni elettrici per affinazione di acciai. Forni per induzione a bassa ed alta frequenza. Forni per elettrolisi di sali fusi. Celle per raffinazione elettrolitica.
Impianti di disossidazione e calmaggio. I gas nei bagni metallici. Impianti di degassaggio sotto vuoto. Impianti DH ed RH. Linee di colata in lingottiera. Impianti per colata continua.
Impianti per trattamenti termici e chimico-termici dei materiali. Impianti per produzione di atmosfere controllate. Impianti per sinterizzazione sotto vuoto e in ambienti inerti o riducenti. Forni rotanti per riduzione diretta.
Impianti di captazione di fumi e di trattamento di effluenti gassosi.

P 3110 Macchine

Anno:periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 74 esercitazioni 44 laboratori 2 (settimanali 6/4)

Prof. Antonio Mittica, Prof. Andrea Emilio Catania (Energetica)

Il corso mira a fornire i fondamenti della scienza delle macchine a fluido, analizzando gli aspetti costruttivi, i principi di funzionamento e le prestazioni al di fuori delle condizioni di progetto delle singole macchine, oltre ai cicli termodinamici degli impianti in cui esse sono inserite. Applicando sistematicamente alle diverse macchine i principi della termodinamica e della meccanica dei fluidi, il corso presenta anche quegli aspetti formativi necessari sia per consentire la scelta di una macchina in relazione alla sua utilizzazione, sia per ulteriori approfondimenti in settori più specifici.
Il corso comprende: lezioni ed esercitazioni in aula; visita al Laboratorio di macchine.

REQUISITI. *Fisica tecnica, Meccanica dei fluidi, Meccanica applicata alle macchine.*

PROGRAMMA
Generalità sulle macchine e sui sistemi energetici.
Fondamenti di termodinamica e fluidodinamica applicate alle macchine.
Impianti a vapore: cicli termodinamici; turbine a vapore e loro regolazione; condensatori di vapore. Impianti a cogenerazione.
Compressori di gas: turbocompressori, compressori volumetrici alternativi e rotativi. Regolazione dei compressori.
Turbine a gas: impianti e cicli; caratteristica meccanica; combustori. Regolazione gruppi mono- e bialbero.
Turbine idrauliche, turbopompe e loro regolazione.
Motori alternativi a combustione interna. Cicli. Analisi rendimenti. Motori ad accensione comandata e per compressione. Loro regolazione e caratteristica meccanica. Alimentazione e sovralimentazione.

ESERCITAZIONI
Le esercitazioni consistono nello svolgimento di esercizi e problemi applicativi dei concetti sviluppati a lezione ed hanno lo scopo sia di fornire gli ordini di grandezza dei vari parametri, sia di migliorare il grado di apprendimento.

BIBLIOGRAFIA
A.E. Catania, *Complementi di macchine*, Levrotto & Bella, Torino, 1979.
A.E. Catania, *Turbocompressori*, ACSV (Appunti dai Corsi Seminariali di Vercelli), Ed. CGVCU (Comitato per la Gestione in Vercelli dei Corsi Universitari), 1990.
A.E. Catania, *Compressori volumetrici*, ACSV, Ed. CGVCU, 1991.
A.E. Catania, *Turbomacchine idrauliche*, ACSV, Ed. CGVCU, 1992.
A. Capetti, *Motori termici*, UTET, Torino, 1967.
Materiale didattico distribuito a lezione.

P 3111 Macchine 1

Anno:periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 72 esercitazioni 44 laboratori 4 (settimanali 6/4)

Prof. Andrea Emilio Catania (Energetica)

Il corso tratta essenzialmente la problematica delle turbomacchine e delle macchine volumetriche relative agli impianti motori a vapore, ai compressori di gas e ai sistemi energetici idraulici, iniziando sia da principi di termodinamica applicata, esaminata dal punto di vista che più interessa nello studio delle macchine a fluido, sia dai concetti fondamentali della meccanica dei fluidi e delle sue applicazioni alle turbomacchine. Oltre ai mezzi che consentono le opportune scelte e calcolazioni richieste all'utilizzatore, il corso intende anche fornire le nozioni di base per la progettazione termofluidodinamica delle macchine e per approfondire settori più specialistici, quali, ad esempio, tenute a labirinto, valvole, modelli dinamici, regolazione, ecc..
Il corso si articola in lezioni ed esercitazioni , visite ad impianti o industrie costruttrici di macchine a fluido.

REQUISITI. *Fisica tecnica, Meccanica dei fluidi, Meccanica applicata alle macchine.*

PROGRAMMA
Classificazione delle macchine a fluido e loro applicazioni.
Fondamenti di termodinamica e fluidodinamica applicata alle macchine.
Turbomacchine: palettature; analisi unidimensionale e pluridimensionale del flusso; similitudine fluidodinamica; spinta assiale; mezzi di tenuta.
Impianti a vapore: cicli termodinamici e loro realizzazione; turbine a vapore per applicazioni stazionarie e alla propulsione; accumulatori e condensatori di vapore.
Cogenerazione. Impianti misti a ciclo combinato.
Turbocompressori di gas. Pompaggio e stallo.
Turbine idrauliche. Turbopompe.
Impianti idroelettrici a ricupero e pompe–turbine. Cavitazione.
Macchine operatrici volumetriche: riempimento; distribuzione; ciclo di lavoro.
Compressori di gas alternativi e rotativi.
Pompe alternative e rotative. Motori idrostatici.
Trasmissioni idrostatiche. Trasmissioni idrodinamiche: giunti e convertitori di coppia.

ESERCITAZIONI
Le esercitazioni di calcolo in aula abituano l'allievo ad impostare numericamente i singoli problemi per consentirgli sia una immediata visione degli ordini di grandezza dei parametri in gioco, sia una verifica immediata del proprio grado di comprensione.

BIBLIOGRAFIA
A.E. Catania, *Complementi di macchine*, Levrotto & Bella, Torino, 1979.
A.E. Catania, *Turbocompressori*, ACSV (Appunti dai Corsi Seminariali di Vercelli), Ed. CGVCU (Comitato per la Gestione in Vercelli dei Corsi Universitari), 1990.
A.E. Catania, *Compressori volumetrici*, ACSV, Ed. CGVCU, 1991.
A.E. Catania, *Pompe volumetriche*, ACSV, Ed. CGVCU, 1991.
A.E. Catania, *Turbomacchine idrauliche*, ACSV, Ed. CGVCU, 1992.

P 3265 Meccanica dei materiali + Metallurgia meccanica

(Corso integrato)

Anno:periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 80 esercitazioni 40 (settimanali 4/4)

Prof. Donato Firrao (Scienza dei materiali e ing. chimica)
Prof. Massimo Rossetto (Meccanica)

Il corso si propone di fornire i concetti fondamentali e le principali applicazioni del comportamento meccanico dei materiali alle condizioni che portano alla frattura dei componenti strutturali. Vengono inoltre sottolineati i possibili interventi progettuali sui componenti e sui materiali per evitare cedimenti in opera.

REQUISITI. *Scienza delle costruzioni, Tecnologia dei materiali metallici.*

PROGRAMMA

Richiami sulla meccanica del continuo. Richiami sulle caratteristiche meccaniche dei materiali. Scorrimento a caldo dei materiali.
Deformazione plastica dei materiali e cedimento per collasso plastico dei componenti.
Modi di frattura, meccanismi di frattura. Elementi di frattografia.
Influenza della microstruttura dei materiali metallici sulle caratteristiche meccaniche.
Effetto d'intaglio statico, stato di tensione piano e stato di deformazione piano.
Meccanica della frattura; descrizione del campo delle tensioni e deformazioni all'apice di una cricca; fattore di intensita delle tensioni (K); deformazioni plastiche all'apice di una cricca; descrizione del campo mediante l'approccio energetico, il tasso di rilascio energetico (G); corrispondenza fra i due approcci. Tenacità alla frattura (K_{Ic}, G_{Ic}, J_{Ic})
Fattori che influenzano la tenacità alla frattura. Arrotondamento all'apice della cricca (COD). Curve di resistenza alla crescita di una cricca (curve R). Prove di tenacità alla frattura.
Fatica ad alto numero di cicli; cenni storici, rappresentazione dei dati di fatica; effetto d'intaglio, effetto delle dimensioni, effetto della finitura superficiale; effetto della tensione media.
Approccio della meccanica della frattura alla fatica dei materiali: legge di Paris e altre leggi di previsione.
Fatica oligociclica. Approccio a due stadi per la valutazione della resistenza a fatica.
Danneggiamento cumulativo.
Fatica multiassiale.
Cenni sull'influenza dell'ambiente: corrosione–fatica, tensio-corrosione.
Cenni sulle proprietà meccaniche dei materiali compositi.

BIBLIOGRAFIA

H.O. Fuchs, R.I. Stephens, *Metal fatigue in engineering*, Wiley, New York.
G.E. Dieter, *Mechanical metallurgy*, McGraw-Hill Kogakusha, Tokyo.
D. Broek, *The practical use of fracture mechanics*, Kluewer, Dordrecht.

P 3400 Meccanica superiore per ingegneri

Anno:periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 50 esercitazioni 40 (settimanali 4/4)

Prof. Silvio Nocilla (Matematica)

Il corso si propone di contribuire ad una solida formazione culturale nel campo della meccanica teorica, da applicarsi a problemi attuali di ingegneria.
Esso comprenderà lezioni, esercitazioni, temi di studio affidati agli studenti.

REQUISITI. *Analisi 1 e 2, Fisica 1, Meccanica razionale.*

PROGRAMMA
Richiami sulle vibrazioni libere e forzate di sistemi lineari con più gradi di libertà e con vari tipi di eccitazione.
Vibrazioni casuali: variabili aleatorie, densità di probabilità, momenti, varianza. Sistemi ergodici, funzioni di correlazione, densità spettrale di potenza. Risposta di sistemi dinamici e strutture a sollecitazioni casuali; applicazioni.
Sistemi continui: corde vibranti, propagazione ondosa, problemi di valori al contorno, applicazioni. Vibrazioni delle travi: longitudinali, torsionali, flessionali. Vibrazioni di membrane e piastre. Sistemi non lineari con un grado di libertà, e cenni al caso di più gradi di libertà: oscillazioni del pendolo in generale; sistemi con rigidezza variabile, con giochi, con arresti. Vari tipi di resistenza non lineare: di Coulomb, turbolento, strutturale, con isteresi. Studio delle vibrazioni libere, smorzate, forzate, equazione di Duffing; curve di risposta in ampiezza e fase. Procedimenti generali sul piano delle fasi, vari tipi di singolarità, cicli limite, equazione di Van der Pol. Sistemi con caratteristiche variabili; equazioni di Hille e di Mathieu, diagrammi di stabilità. Applicazioni varie.
Introduzione alle meccanica analitica: sistemi hamiltoniani, equazioni di Hamilton–Jacobi, trasformazioni canoniche.
Applicazioni: moti centrali, moto dei pianeti attorno al Sole, satelliti artificiali, giroscopi.

ESERCITAZIONI. Vengono assegnati problemi specifici collegati con gli argomenti del corso, sui quali gli studenti poi riferiscono e presentano elaborati.

BIBLIOGRAFIA
S. Nocilla, G. Baracco, M. Bertolini, *Appunti di meccanica delle vibrazioni*, CELID, Torino, 1978 .
W. Thomson, *Vibrazioni meccaniche*, Tamburini, Milano, 1974.
J.P. Den Hartog, *Mechanical vibrations*, McGraw-Hill, New York, 1956.
P. Hagedor, *Non linear oscillations*, Clarendon, Oxford, 1961.
S. Crandall, W. Mark, *Random vibration in mechanical systems*, Academic Press, New York, London, 1963.
R. Riganti, G. Rizzi, *Elementi di meccanica analitica*, CELID, Torino, 1979.

P 3500 Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici

Anno:periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 76 esercitazioni 26 laboratori 18 (settimanali 6/2/2)

Prof. Grazia Vicario (Matematica)

Scopo del corso è quello di fornire agli allievi sia nozioni fondamentali di calcolo delle probabilità e statistica, che consentano gli opportuni approfondimenti in campo teorico, sia conoscenze a livello operativo dei principali metodi statistici applicati in campo tecnico ed economico. A tal fine, accanto alla trattazione teorica, viene riservato un opportuno spazio per la trattazione di problemi pratici di frequente ricorrenza, illustrando, mediante esempi, applicabilità e limiti dei metodi usati.

REQUISITI. Analisi matematica, Geometria e algebra.

PROGRAMMA
Probabilità.
Definizioni di probabilità e loro applicabilità. Nozioni di calcolo combinatorio. Regole di calcolo delle probabilità. Probabilità a posteriori: il teorema di Bayes.
Distribuzioni.
Concetti di popolazione, campione e metodi di campionamento, variabile casuale (discreta e continua), frequenza. Distribuzioni di variabili discrete e continue. Distribuzioni teoriche; parametri principali relativi a posizione, dispersione, forma. Distribuzioni congiunte. Applicazioni allo studio dell'affidabilità. Processi stocastici.
Statistica descrittiva.
Distribuzioni sperimentali: classi, rappresentazioni grafiche. Misure di tendenza centrale e di dispersione. Metodi grafici; GPN e suo impiego diagnostico.
Inferenza statistica.
Distribuzioni campionarie: teorema del limite centrale, sue applicazioni ed implicazioni. Stima puntuale: stimatori e loro proprietà. Metodo della massima verosimiglianza. Intervallo di fiducia e limiti di fiducia per medie, osservazioni a coppie, varianze, proporzioni. Basi logiche di un *test* di ipotesi. Tipi di errori e loro controllo: livello e *test* di significatività. Curve caratteristiche operative e loro uso. *Test* riguardanti le medie, le proporzioni, la varianza e confronto fra due o più varianze.
Analisi della varianza.
Analisi della varianza per uno e due fattori controllati. Replicazioni.
Regressione.
Regressione lineare semplice (valutazione di adattamento e variabilità residua), analisi della varianza, osservazioni ripetute. Regressione multipla: calcolo con procedimento matriciale, analisi della varianza. Correlazione: usi ed abusi;
Cenni sulla progettazione degli esperimenti.
Interdipendenza tra criteri di analisi dei risultati e criteri di pianificazione delle prove. Progetto di prove completamente casualizzate. Progettazione a nido. Progetto a blocchi. Quadrati latini. Esperimenti fattoriali: effetti principali e interazioni. Blocchi e frazionamenti: implicazioni.

BIBLIOGRAFIA
Miller, Freund, *Probability and statistics for engineers*, Prentice-Hall International.

P 3540 Metrologia generale meccanica

Anno:periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 56 esercitazioni 20 laboratori 30 (settimanali 4/2/3)

Prof. Anthos Bray (Sistemi di produzione ed econ. dell'azienza)

Finalità: fornire le conoscenze sul corretto impiego dei metodi per il collaudo delle strutture e per la determinazione delle proprietà meccaniche dei materiali. Temi: fondamenti generali della metrologia e delle misure meccaniche con particolare riguardo ai metodi di analisi delle sollecitazioni.

REQUISITI. Sono corsi propedeutici *Scienza delle costruzioni, Meccanica applicata* ed *Elettrotecnica.*

PROGRAMMA
Principi di metrologia generale.
La metrologia e gli enti metrologici.
I sistemi di unità di misura.
Trasduzione e strumenti di misura.
Scelta e qualità metrologiche di un apparecchio di misura.
Note di statistica. Rappresentazione ed analisi dei risultati.
Analisi delle sollecitazioni.
La misura della forza. I dinamometri.
Le macchine di prova dei materiali.
La misura della deformazione. Estensimetri meccanici, ottici, pneumatici, acustici.
Gli estensimetri elettrici e gli *strain gages.*
La misura della deformazione nel piano e nello spazio. Le rosette estensimetriche.
La fotoelasticità.
Il *moiré.*
L'interferometria olografica.
I rivestimenti fragili.

ESERCITAZIONI
Analisi statistiche dei risultati. Esami delle relazioni tecniche.
LABORATORI
10 esercitazioni svolte in laboratorio con presentazione di relazione.

BIBLIOGRAFIA
A. Bray, V. Vicentini, *Meccanica sperimentale*, Levrotto & Bella, Torino, 1975.
A. Bray, *Estensimetri elettrici a resistenza*, CNR, Roma, 1965.

P 3710 Misure termiche

Anno:periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 65 esercitazioni 25 laboratori 20 (settimanali 4/2/2)

Prof. Antonio Maria Barbero (Energetica)

Il corso è volto all'approfondimento dei principi e dei metodi della misura delle grandezze termiche e della regolazione di impianti e processi termici. Lo scopo principale è indirizzare verso la progettazione di sistemi di misura e controllo che soddisfino condizioni stabilite di precisione e affidabilità. Temi fondamentali sono: la teoria dei trasduttori sia in regime statico, sia in quello dinamico; i componenti elettrici ed elettronici per misure e regolazioni in impianti termici; le misure termiche; la regolazione di processi sia con metodi analogici, sia con metodi numerici.

REQUISITI
Si ritengono propedeutiche conoscenze di *Fisica, Fisica tecnica* ed *Elettrotecnica.*

PROGRAMMA
Caratteristiche dei trasduttori termici: classificazione; caratteristica statica; sistemi di trasduttori e sistemi ad anello chiuso (reazione negativa); errori accidentali e sistematici.
Comportamento dinamico: in funzione del tempo e della frequenza; impiego della trasformata di Laplace; funzione di trasferimento.
Misure su trasduttori termici ad uscita elettrica: segnali d'uscita e loro trasmissione, amplificatori operazionali e differenziali per strumentazione; conversione analogico/digitale e digitale/analogico; voltmetro digitale; cenni ai sistemi di acquisizione automatica dei dati; potenziometro e potenziometro automatico; ponti per misure di resistenze.
Fondamenti delle misure termiche: temperatura termodinamica; scale di temperatura termometri campione e punti fissi; campioni di pressione e trasduttori di precisione; principi della termoelettricità e termocoppie; termoresistenze.
Misure sulla radiazione termica: pirometria ottica, termometria a radiazione nell'infrarosso, radiometria, proprietà ottiche delle superficie emettenti.
Misure di flusso termico, conduttanza e conducibilità termica.
Igrometria.
Regolazioni termiche criteri di analisi dei processi e rappresentazione a blocchi; esempi con processi termici.
Metodi analogici di regolazione della temperatura, della portata, della pressione e del livello; criteri di stabilità e ottimazione.
Gli organi di controllo: valvole; servomotori elettrici; unita di controllo della potenza elettrica, diodi controllati, MOSFET di potenza.
Introduzione ai metodi numerici di regolazione dei processi: descrizione del processo mediante equazioni per differenze; sistemi di regolazione mediante calcolatore; schemi a blocchi; campionamento dei segnali; programmi di regolazione.

ESERCITAZIONI
Analisi statistica dei risultati con l'impiego dell'elaboratore elettronico, presentazione dei laboratori; normativa per la grafica degli impianti di regolazione termica.

P 3850 Oleodinamica e pneumatica

Anno:periodo 4,5:2 Impegno (ore): lezioni 78 esercitazioni 52 (settimanali 6/4)

Prof. Nicola Nervegna (Energetica)

Il corso si propone di fornire agli allievi le nozioni di base necessarie per l'utilizzazione, la scelta e la progettazione di sistemi oleodinamici e pneumatici di potenza e regolazione applicati a veicoli, impianti industriali, macchine utensili, ecc.. Partendo da una impostazione funzionale dell'analisi dei sistemi, si giunge alla descrizione dei singoli componenti. Particolare cura viene dedicata all'approccio sistemistico dei temi trattati.

REQUISITI. *Macchine, Fisica tecnica, Meccanica dei fluidi.*

PROGRAMMA

1. *Analisi funzionale dei sistemi oleodinamici.*
   Gruppi di alimentazione a portata fissa e variabile. Collegamenti semplici e multipli di motori e martinetti oleodinamici. Sistemi di controllo a retroazione e servosistemi
2. *Fluidi utilizzati e componenti collegati.*
   Tipi di fluidi, loro classificazione, caratteristiche fisico-chimiche e termodinamiche. Condizionamento termico del fluido. Contaminazione e filtrazione. Elementi costitutivi dei circuiti.
3. *Componenti di controllo.*
   Caratteristiche stazionarie e dinamiche, analisi delle perdite in distributori a posizionamento discreto e continuo. Valvole di controllo della pressione e della portata. Servovalvole. Valvole proporzionali.
4. *Organi operatori e motori.*
   Pompe oleodinamiche rotative, alternative e rotoalternative. Accumulatori, analisi termodinamica per il dimensionamento. Motori oleodinamici per alte e basse velocità di rotazione. Martinetti oleodinamici lineari e rotativi.
5. *Analisi funzionale dei sistemi pneumatici.*
   Gruppi di alimentazione e condizionamento. Gruppi di utilizzazione con motori e martinetti pneumatici.
6. *Componenti pneumatici.*
   Distributori. Valvole regolatrici di pressione e portata. Ciclo di lavoro e prestazioni dei motori pneumatici. Prestazioni stazionarie e dinamiche dei martinetti pneumatici.

ESERCITAZIONI.
Circuiti caratteristici e loro analisi quantitativa. Circuiti *load-sensing* e loro studio mediante modelli matematici semplificati. Studio dei dispositivi e controlli di variazione della cilindrata in pompe e motori oleodinamici e loro caratteristiche. Realizzazioni costruttive di componenti e loro modelli funzionali. Trasmissioni idrostatiche in circuito aperto e in circuito chiuso, loro regolazione, campi di applicazione e diagrammi caratteristici.
LABORATORI. Studio sperimentale su banchi prova dei temi affrontati per via teorica nelle esercitazioni. Esame critico di particolari costruttivi di componenti oleodinamici e pneumatici.

P 4602 Scienza delle costruzioni 2

Anno:periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 50 esercitazioni 50 (settimanali 4/4)

Docente da nominare (Ing. strutturale)

Questo corso costituisce la naturale continuazione di quello di *Scienza delle costruzioni* (3. anno). Utilizzando i concetti e le metodologie unificanti presentate in quella sede, viene trattato un vasto ventaglio di problemi riguardanti l'analisi del comportamento meccanico delle strutture.

REQUISITI
Scienza delle costruzioni, Analisi matematica 1 e 2, Fondamenti di informatica.

PROGRAMMA
1. Calcolo automatico dei telai: esempi, dinamica dei sistemi di travi, sismica.
2. Metodo degli elementi finiti: funzioni di forma in una, due e tre dimensioni, convergenza monotona, dinamica dei solidi elastici.
3. Lastre curve: lastre di rivoluzione, lastre cilindriche, lastre circolari, contenitori in pressione, trave su suolo elastico.
4. Instabilità dell'equilibrio elastico: sistemi discreti, travi, telai, lastre, anelli, volte ribassate.
5. Teoria della plasticità: teoremi dell'analisi-limite e loro applicazioni.
6. Stati tensionali e deformativi piani: trave–parete, tubo di grosso spessore, fori circolari ed ellittici.
7. Meccanica della frattura: concentrazione e intensificazione degli sforzi all'apice di un difetto, aspetti energetici, effetti di scala.
8. Materiale anisotropo: compositi fibro-rinforzati.
9. Trave multistrato: calcestruzzo armato, flessione e taglio.
10. Lastra multistrato: compositi laminati.

ESERCITAZIONI
Deduzione di equazioni mediante calcolo simbolico (MACSYMA). Integrazione simbolica e/o numerica di equazioni differenziali. Soluzione numerica di casi pratici.

BIBLIOGRAFIA
A. Carpinteri, *Scienza delle costruzioni. Vol. 1 e 2*, Pitagora, Bologna, 1992.
M. Capurso, *La statica del cemento armato*, Pitagora, Bologna, 1981.

P 4780 Siderurgia

Anno:periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 70 esercitazioni 15 (settimanali 5/1)

Prof. Aurelio Burdese (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso ha lo scopo di affinare la preparazione dell'ingegnere in campo metallurgico, fornendo conoscenze specialistiche sulle leghe ferrose, con particolare riferimento ai processi ed impianti siderurgici, senza però trascurare un più approfondito studio delle proprietà strutturali, meccaniche e chimiche dei prodotti siderurgici e delle loro caratteristiche di impiego.
Per una buona preparazione nel campo specifico occorrono buone nozioni di base sulle metallurgia generale, la tecnologia dei materiali metallici (trattamenti termici e meccanici), e dei materiali refrattari, la teoria e la pratica dei fenomeni di combustione e di trasmissione del calore.
Il corso si svolgerà con lezioni, integrate da esame di schemi costruttivi di impianti ed apparecchiature specifiche con visite a stabilimenti siderurgici.

REQUISITI. *Termodinamica dell'ingegneria chimica, Tecnologia dei materiali e chimica applicata, Metallurgia.*

PROGRAMMA
Chimica fisica dei processi siderurgici.
Equilibri omogenei ed eterogenei in sistemi di interesse siderurgico. Bagni metallici. Equilibri metallo–scoria. Equilibri di riduzione degli ossidi. Termodinamica dei processi siderurgici.
Teoria e pratica dei processi di riduzione.
Riducibilità degli ossidi. Sistemi costituiti da ossidi in progressiva riduzione. Equilibri di riduzione degli ossidi di ferro con riferimento all'effetto di ossidi estranei, in particolare dei componenti delle scorie siderurgiche. Riducenti. Riduzioni dirette e indirette. Combustibili. Preriscaldamento e ricupero di calore.
Classificazione e controllo di forni siderurgici.
Ghisa.
Preparazione del minerale. Altoforno ed impianti ausiliari. Altoforno elettrico e forni per ferroleghe. Seconda fusione. Inoculazione e colata. Sferoidizzazione e malleabilizzazione. Ghise legate. Caratteristiche di impiego delle ghise.
Acciaio.
Processi di preaffinazione ed affinazione. Disossidazione e colata. Fabbricazione di acciai speciali. Lavorazioni ed utilizzazione dell'acciaio. Trattamenti termici e caratteristiche strutturali e di impiego degli acciai. Comportamento in opera.

ESERCITAZIONI
Esame di schemi costruttivi e dimensionamento di apparecchiature ed impianti siderurgici.

BIBLIOGRAFIA
A. Burdese, *Metallurgia e tecnologia dei materiali metallici,* UTET, Torino, 1992.
W. Nicodemi, R. Zoja, *Processi e impianti siderurgici,* Tamburini, Milano.
G. Violi, *Processi siderurgici,* ETAS Kompass, Milano.

P 5490 Tecnica ed economia dei trasporti

Anno:periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 50 esercitazioni 50 (settimanali 4/4)

Prof. Adelmo Crotti (Idraulica, trasporti e infrastr. civili)

Il corso è di base per tutto quanto attiene alla mobilità delle persone e delle merci, alle metodologie di gestione dei vari servizi pubblici e privati, alle correlazioni tra infrastrutture e veicoli. Esso tratta quindi i sistemi di trasporti terrestri, aerei, marittimi e per vie d'acqua interne in un'ottica pianificatoria sia economica che di esercizio.

PROGRAMMA
Problemi energetici e riflessi sul sistema dei trasporti. Il conto nazionale dei trasporti nel quadro nazionale del bilancio ed in raffronto al prodotto interno lordo.
Panorama, problematiche e struttura dei trasporti ferroviari, stradali, aerei, navali e per vie d'acqua.
I trasporti urbani e suburbani. Capacità e potenzialità di linea e delle infrastrutture terminali.
Pianificazione dei trasporti e modelli di simulazione.
Indici di produttività e forme di gestione del servizio di trasporto.
Le forme di mercato e la domanda di trasporto. Il costo dei diversi modi di trasporto.
Le previsioni della domanda e l'offerta del trasporto. I prezzi e le tariffe.
I bilanci delle aziende di trasporto. I piani di finanziamento per la realizzazione e la gestione dei sistemi di trasporto. La valutazione degli investimenti. L'analisi costi–benefici.
La politica dei trasporti nella CEE.

P 5640 Tecnologia meccanica

Anno:periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 84 esercitazioni 6 laboratori 10 (settimanali 6/2)

Prof. Rosolino Ippolito, Prof. Augusto De Filippi (Sistemi di produzione ed econ. dell'azienza)

Il corso ha lo scopo di fornire una solida base conoscitiva sui principali processi tecnologici impiegati nell'industria manifatturiera al fine di conferire all'allievo la capacità di elaborare il ciclo di fabbricazione di un particolare, scegliendo processi e macchinari adatti.

REQUISITI. *Disegno di macchine + Tecnologia meccanica, Meccanica applicata, Scienza delle costruzioni, Tecnologia dei materiali metallici.*

PROGRAMMA
Processi fusori.
Generalità sulla fusione e solidificazione dei metalli; fusioni in terra; fusioni in conchiglia; microfusione; criteri di progettazione dei particolari e degli stampi; aspetti economici.
Lavorazioni per deformazione plastica.
Cenni di teoria della plasticità; laminazione; stampaggio; estrusione; trafilatura; lavorazioni della lamiera.
Lavorazioni per asportazione di materiale.
Calcolo della forza e della potenza nelle principali lavorazioni; durata degli utensili; economia del taglio.
Metodi di giunzione.
Saldatura ad arco in aria ed in atmosfera controllata; saldatura per resistenza; saldatura ad attrito; saldatura con fascio elettronico e con laser; incollaggi.
Controllo numerico delle macchine utensili.
Principali tipologie; componenti tipici: strutture, guide e slitte, mandrini, servomotori, trasduttori, unità di governo; centri di lavoro; isole di lavoro; celle di lavoro robotizzate; FMS.
Cenni sulla produzione di particolari in materiali non metallici.
Plastiche; compositi a matrice polimerica; ceramici.

ESERCITAZIONI
Cicli di fabbricazione. Studio di cicli di fabbricazione; esempi di cicli in alternativa. Programmazione delle macchine a controllo numerico. Programmazione manuale ed assistita.

BIBLIOGRAFIA
S. Icalpakjian, *Manufacturing engineering and technology*, Addison-Wesley, 1989.

P 6030 Trasmissione del calore

Anno:periodo 4:1 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 40 laboratori 12 (settimanali 4/4)

Prof. Gian Vincenzo Fracastoro (Energetica)

Il corso fornisce elementi di approfondimento ed integrazione rispetto agli argomenti di trasmissione del calore svolti nel corso di *Fisica tecnica*.
La parte applicativa viene svolta con l'ausilio di supporti informatici e quella sperimentale presso i laboratori didattici del Dipartimento di Energetica.

REQUISITI. *Fisica tecnica.*

PROGRAMMA
Vengono riesaminati alcuni problemi elementari, indicando la metodologia di formulazione, con un breve richiamo alla soluzione di equazioni differenziali ordinarie. Vengono presentate le tecniche analitiche di soluzione (*separazione delle variabili, combinazione complessa, trasformate di Laplace*) di campi termici conduttivi monodimensionali nonstazionari e bidimensionali stazionari. Vengono illustrati i fondamenti del metodo numerico delle *differenze finite*, di cui si forniscono diverse metodologie di soluzione (Eulero, Crank–Nicolson, Laasonen) e del metodo degli *elementi finiti* (minimizzazione di funzioni, calcolo variazionale e approssimazione di integrali).
Vengono poi introdotte le equazioni relative alla convezione forzata in regime laminare per alcune geometrie (lastra piana, condotti cilindrici, etc.) secondo la teoria dello strato limite (soluzioni di Blasius e Polhausen). Per le stesse geometrie si analizzano le soluzioni per regime di moto turbolento. Si riportano anche le correlazioni ricavate per diverse configurazioni in convezione naturale e forzata.
Si analizzano alcuni problemi particolari di irraggiamento termico, quali i metodi per ricavare il flusso termico scambiato fra superfici grigie con mezzo assorbente e trasparente e in cavità.
Vengono infine esaminati gli scambiatori di calore compatti, fornendo indicazioni sul calcolo della trasmittanza globale per alcune applicazioni tipiche. si forniscono cenni su tecnologie innovative per lo scambio termico (tubi di calore).
Una breve descrizione delle principali tecniche sperimentali per la misura delle principali grandezze termiche (temperature e flussi termici) completa il corso.

ESERCITAZIONI
Esercitazioni numeriche su transitori termici in parete piana, campo termico bidimensionale stazionario con generazione interna, ed esercitazioni di laboratorio sulla misura di conduttività con lastra piana, misure termiche e di portata in scambiatori di calore.

BIBLIOGRAFIA
C. Bonacina, A. Cavallini, L. Mattarolo, *Trasmissione del calore*, CLEUP, Padova, 1987.
G. Guglielmini, C. Pisoni, *Elementi di trasmissione del calore*, Veschi, Milano, 1990.
R. Mastrullo [et al.], *Fondamenti di trasmissione del calore*, Liguori, Napoli.
O. Manca, V. Naso, *Complementi di trasmissione del calore*. EDISU, Napoli, 1991.
O. Manca, V. Naso, *Applicazioni di trasmissione del calore*, EDISU, Napoli, 1989.

P 0030 Acustica applicata

Anno:periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 20 laboratori 20 (settimanali 4/2/2)

Prof. Alfredo Sacchi (Energetica)

Il corso si propone di fornire gli elementi di base della generazione, propagazione, ascolto e riproduzione del suono, al fine di permettere un inserimento in settori professionali sia elettronici, sia architettonici, sia industriali nei quali, sotto vari aspetti, il suono o il rumore debbano essere considerati nell'interesse di un ottimo ascolto, per il suono, o di una riduzione, per il rumore.
Interessi particolari di studenti vengono soddisfatti tramite l'assistenza da parte del docente e dei tecnici ad una tesina personale.

PROGRAMMA
Propagazione di onde elastiche nei solidi e del suono; analogie elettroacustiche ed elettromeccaniche; trasduttori elettroacustici.
Meccanismo dell'udito; psicoacustica.
Acustica degli ambienti; riverberazione.
Isolamento acustico e di macchine; danni all'orecchio; bonifica degli ambienti industriali.
Acustica delle grandi sale da spettacolo.
Applicazioni dell'acustica e degli ultrasuoni in vari campi della tecnica e della medicina.
La strumentazione acustica viene descritta ed usata dagli studenti in laboratorio.

BIBLIOGRAFIA. Documentazione fornita dal docente.

P 0290 Applicazioni industriali elettriche

Anno:periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 80 esercitazioni 20 laboratori 4 (settimanali 6/2)

Prof. Mario Lazzari (Ing. elettrica industriale)

Nel corso vengono illustrati e trattati sia gli aspetti applicativi e funzionali, sia i criteri di scelta dei principali dispositivi elettrici usati nel campo industriale e della trazione elettrica. Una parte del corso è inoltre dedicata agli aspetti della sicurezza elettrica nelle utilizzazioni in bassa tensione.

PROGRAMMA
Conversione statica dell'energia elettrica.
Conversione *ca-cc, cc-cc, cc-ca.* Principali applicazioni in campo industriale e di trazione. Criteri di scelta di strutture e limiti di impiego.
Conversione elettromeccanica dell'energia elettrica.
Illustrazione del funzionamento, delle applicazioni e dei criteri di scelta di motori elettrici. Motori in *cc* per assi, per mandrini, per trazione. Motori asincroni con alimentazione da rete industriale e con alimentazione a frequenza variabile. Motori sincroni e sistemi *brushless*.
Cenni sui principali azionamenti utilizzati industrialmente.

Impiantistica elettrica industriale in bassa tensione.
Cabine di distribuzione in BT, trasformatori trifase. Correnti normali e di guasto di un impianto elettrico. Interruzione della corrente elettrica: dispositivi elettromeccanici e valvole fusibili.
Problemi inerenti la sicurezza elettrica: normative; impianti di terra; interruttori differenziali.

ESERCITAZIONI. Nelle esercitazioni verranno sviluppati calcoli inerenti particolari applicazioni descritte nelle lezioni. Sono previste visite alla Sala macchine del Dipartimento di Ingegneria elettrica industriale.

P 0450 Biomeccanica

Anno:periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 52 esercitazioni 40 laboratori 10 (settimanali 4/4)
Docente da nominare (Meccanica)

Il corso ha lo scopo di fornire agli allievi una panoramica delle problematiche e delle principali metodologie della biomeccanica; verranno inoltre approfondite tematiche riguardanti i materiali biologici o di sostituzione nell'ambito della biomeccanica. Verranno anche illustrati alcuni casi applicativi.

REQUISITI
Meccanica razionale, Meccanica applicata alle macchine, Scienza delle costruzioni.

PROGRAMMA
Introduzione alla biomeccanica.
Origini e problematiche della biomeccanica: richiami storici e presentazione delle principali aree di intervento della biomeccanica. Richiami di fisiologia: apparato locomotore, ossa, articolazioni, muscoli scheletrici, legamenti.
Metodi sperimentali in biomeccanica.
Tecniche, attrezzature e metodologie di rilevazione dei dati meccanici del corpo umano. Tecniche e metodi per l'analisi delle tensioni e delle deformazioni in strutture biologiche.
Materiali.
Caratterizzazione di materiali biologici (osso, muscoli, legamenti, pelle, tessuti molli). Biomateriali: caratterizzazione, biocompatibilità, problematiche.
Analisi del movimento.
Tecniche sperimentali per l'analisi del movimento. Modelli matematici per la simulazione del movimento.
Resistenza del corpo umano alle azioni dinamiche.
Interazione uomo–veicolo (modelli matematici e modelli sperimentali).
In condizioni normali per la valutazione del *comfort*. In condizioni d'urto per la valutazione del danno.
Applicazioni.
Biomeccanica della colonna vertebrale e mezzi di correzione. Arti artificiali passivi: problematiche funzionali e strutturali. Attrezzature di aiuto ai disabili. Cenni sugli organi artificiali.

P 0510 Calcolo numerico

Anno:periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 80 esercitazioni 20 laboratori 20 (settimanali 6/2/2)

Prof. Claudio Canuto (Matematica)

Il corso ha lo scopo di preparare gli allievi alla risoluzione numerica di modelli matematici di interesse ingegneristico.
Il corso consta di due parti. Nella prima, avente carattere istituzionale, vengono visitati i luoghi classici dell'analisi numerica di base, attraverso la descrizione e la valutazione critica degli algoritmi e delle metodologie numeriche più importanti. La seconda parte, di tipo monografico, è volta alla formulazione di un semplice ma significativo modello matematico, all'analisi delle sue proprietà, alla scelta di una o più tecniche di discretizzazione numerica e conseguente implementazione su calcolatore.

REQUISITI. *Analisi matematica 1 e 2, Geometria, Fisica*, conoscenza del linguaggio Fortran.

PROGRAMMA
Vari tipi di errore nel trattamento numerico di modelli matematici.
Risoluzione di sistemi di equazioni lineari mediante metodi diretti e iterativi. Calcolo di autovalori e autovettori. Risoluzione di equazioni non-lineari. Approssimazione di funzioni.
Derivazione e integrazione numerica. Risoluzione di equazioni differenziali ordinarie.
Classificazione delle equazioni a derivate parziali; problemi ai valori al bordo e iniziali. Problemi ellittici, parabolici, iperbolici. Esempi: problemi di diffusione–trasporto, problemi di elasticità.
Il metodo degli elementi finiti e le sue proprietà matematiche. Applicazione alla discretizzazione numerica di modelli matematici.

ESERCITAZIONI E LABORATORIO
Le esercitazioni volgeranno principalmente alla implementazione degli algoritmi visti a lezione, con l'ausilio di software di libreria. E possibile l'uso del calcolatore parallelo di tipo Ipercubo a 32 processori presente al Politecnico.

BIBLIOGRAFIA.
G. Monegato, *Calcolo numerico,* Levrotto & Bella, Torino, 1985.
V. Comincioli, *Analisi numerica : metodi, modelli, applicazioni,* McGraw-Hill, Milano, 1990.
C. Johnson, *Numerical solution of partial differential equations by the finite element method,* Cambridge Univ. Press, 1990.

P 0940 Costruzione di macchine

Anno:periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 52 esercitazioni 68 (settimanali 4/6)

Prof. Guido Bongiovanni (Meccanica)

Il corso ha lo scopo di fornire i criteri per il calcolo ed il progetto degli organi di macchine fondamentali dei quali vengono presi in esame la struttura, il funzionamento ed il dimensionamento.

REQUISITI

La conoscenza degli argomenti esposti nei corsi di *Meccanica applicata alle macchine, Scienza delle costruzioni, Disegno di macchine + Tecnologia meccanica* è condizione per una proficua frequenza del corso.

PROGRAMMA

Resistenza dei materiali alle sollecitazioni alternate; effetto di intaglio; smorzamento interno dei materiali.
Ingranaggi cilindrici a denti diritti e con denti obliqui; calcolo di resistenza degli ingranaggi.
Le varie ipotesi di rottura e il loro impiego per i vari casi di sollecitazione e per i vari materiali.
Collegamenti forzati a caldo e a freddo.
Chiavette longitudinali, tangenziali e trasversali; linguette, accoppiamenti scanalati; dentature Hirth; spine.
Filettature, viti, bulloni e loro accessori.
Molle di flessione, di torsione e di trazione–compressione.
Supporti portanti e di spinta con cuscinetti di strisciamento.
Applicazione pratica della teoria della lubrificazione nei cuscinetti di spinta e portanti.
Risultati della teoria di Hertz ed applicazioni relative.
Cuscinetti a rotolamento: tipi, montaggio, calcolo e criteri di scelta.
Assi e alberi: determinazione delle forze e dei momenti e verifiche di resistenza.
Giunti: rigidi, assiali, trasversali, angolari e misti.
Innesti a denti, a frizione, piani e a cono; innesti radiali, con anello di espansione, a forza centrifuga, di sopravanzo.
Freni per autoveicoli, per veicoli ferroviari, per apparecchi di sollevamento; arpionismi ed arresti.

ESERCITAZIONI

Consistono nello svolgimento del progetto di massima (disegno e calcoli) di un gruppo meccanico che dà modo di applicare gran parte di quanto illustrato nel corso.

BIBLIOGRAFIA

R. Giovannozzi, *Costruzione di macchine. Vol. 1 e 2*, Pàtron, Bologna, 1965.
G. Bongiovanni, G. Roccati, *Giunti articolati*, Levrotto & Bella, Torino, 1984.
G. Bongiovanni, G. Roccati, *Giunti fissi, articolati, elastici e di sicurezza*, Levrotto & Bella, Torino, 1986.
G. Bongiovanni, G. Roccati, *Innesti a denti, ad attrito, automatici e di sopravanzo*, Levrotto & Bella, Torino, 1987.
G. Bongiovanni, G. Roccati, *Freni*, Levrotto & Bella, Torino, 1990.

P 1810 Energetica

Anno:periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 40 laboratori 4 (settimanali 4/4)

Prof. Armando Tuberga (Energetica)

Scopo del corso è quello di consentire agli allievi di acquisire la capacità di progettare ed ottimizzare i sistemi nei quali si svolgono le conversioni energetiche da un punto di vista integrato, che consenta di analizzare insieme tutti i fattori fisici, ambientali ed economici. Si farà cenno alle leggi ed alle norme che regolano questo settore.
Il corso si articolerà in lezioni teoriche, esercitazioni di calcolo ed in indagini in campo di analisi energetica (*energy audit*) di un sistema reale civile o industriale.

PRECEDENZE CONSIGLIATE. *Fisica 1, Fisica 2, Fisica tecnica.*

PROGRAMMA
Richiami e fondamenti di termodinamica. Bilanci e rendimenti di primo e secondo principio.
Cenni di termodinamica dei processi irreversibili. Applicazioni agli impianti convenzionali di trasformazione di energia. Impianti alternativi di conversione, convertitori termoelettrici, celle a combustibile, convertitori fotovoltaici, termoionici e MHD.
Le fonti di energia primarie e rinnovabili. I sistemi energetici delle società industriali avanzate e delle società agricole. *I fabbisogni* energetici. *Gli usi finali* nel mondo e in Italia. La classificazione delle conversioni energetiche. *L'impatto ambientale* delle conversione energetiche. Le direttive nazionali e internazionali sulle Valutazioni di Impatto Ambientale (VIA).
Il bilancio energetico dei sistemi termodinamici complessi: metodi termodinamici ed empirici. Sistemi energetici mono- e multiflusso. Le degradazioni termodinamiche.
L'efficienza dei sistemi di trasformazione. La rappresentazione con modelli fisici ed empirici. *La contabilità energetica.* I sistemi di valutazione su base termodinamica, economica e ambientale. Il contenuto energetico dei materiali. Analisi dei principali processi industriali di trasformazione. *Nozioni di termoeconomia*: approccio macro- e microeconomico. La struttura delle tariffe energetiche. I metodi di analisi economico-finanziaria e gli indicatori più significativi.
L'uso razionale dell'energia nei settori industriale e civile. Le tecniche per le diagnosi energetiche. Gli interventi per la riduzione dei fabbisogni energetici: le tecniche di contenimento dei flussi dispersi (isolamento, regolazione, ...) e di modifica delle modalità di utilizzazione: l'analisi e la modifica dei processi. *La certificazione energetica e la normativa e la legislazione* nazionale ed europea. *Le tecniche sperimentali* di analisi energetica e di misura in campo. Gli strumenti e le modalità di impiego.

ESERCITAZIONI
Studio di alcune applicazioni rilevanti: la produzione di energia elettrica; la pianificazione energetica di sistemi territoriali su base regionale; il riscaldamento urbano centralizzato; il trattamento dei rifiuti solidi urbani; la climatizzazione ambientale negli edifici industriali, del terziario e per civile abitazione.
LABORATORIO
Rilievo energetico di un sistema reale.

P 2080 Fluidodinamica

Anno:periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 70 esercitazioni 20 (settimanali 8/*)

Prof. Daniela Tordella (Ing. aeronautica e spaziale)

Questo insegnamento intende presentare una sintesi, rigorosa dal punto di vista fisico, ma concettualmente semplice, di un'ampia parte della moderna dinamica dei fluidi. In particolare verranno approfonditi alcuni argomenti chiave quali: le equazioni del moto, la dinamica della vorticità, l'instabilità e la transizione alla turbolenza, la turbolenza pienamente sviluppata.

PROGRAMMA

1. Considerazioni preliminari sulle proprietà fondamentali dei fluidi. Descrizione fenomenologica dei flussi secondari, del carattere laminare o turbolento del moto. Generalità della trasmissione termica in presenza del moto di un fluido: convenzione naturale e celle di Bénard. Correlazione dei risultati sperimentali ed introduzione empirica dei numeri caratteristici.
2. Equazioni fondamentali del moto (estensione delle forme presentate nel corso di *Meccanica dei fluidi*). Tensori della vorticità e della velocità di deformazione. Funzione di dissipazione, equazioni costitutive, fluidi newtoniani e non newtoniani. Equazioni di Stokes–Navier. Normalizzazione delle equazioni fondamentali: definizione dei numeri caratteristici e loro significato fisico. Modelli matematici semplificati. Separazione ed accoppiamento tra il moto del fluido e la diffusione del calore o della massa di una particolare specie.
3. Evoluzione dinamica della vorticità. Moti rotazionali (equazione della vorticità, *vortex stretching*) ed irrotazionali. Flussi con potenziali, equazione di Bernoulli, paradosso d'Alambert. Strato limite viscoso e termico, metodi integrali per il calcolo dello strato limite, separazione dello strato limite, resistenza di attrito e di forma, corpi aerodinamici e corpi tozzi. Scie e getti: bilanci di quantità di moto, di massa e di energia; trascinamento da parte dei getti, effetto Coanda.
4. Instabilità. Transizione alla turbolenza. Cenni alla descrizione della turbolenza in termini statistici; caduta irreversibile dell'energia meccanica verso la dissipazione, introduzione di coefficienti turbolenti di trasporto, e loro conseguenze pratiche sulla trasmissione del calore, della quantità di moto della massa di una specie chimica.

Oltre a questi argomenti di base, verranno illustrati in modo monografico alcuni tra i seguenti argomenti, la cui scelta sarà guidata dall'interesse degli studenti:

i) Concetti elementari di meccanica statistica: definizione di stato accessibile, postulati fondamentali, condizione di equilibrio, definizione e significato di temperatura ed entropia. Distribuzione canonica, teorema di equiripartizione, funzione di distribuzione di Maxwell, cammino libero medio nei gas. Passaggio dalle molecole al *continuum*, il problema delle quantità medie, calcolo dei coefficienti di trasporto nei gas.

ii) Flussi termici; equazioni di convezione (modello Boussinesq), classificazione di moti convettivi, convezione forzata, convezione libera e spiegazione teorica delle celle di Bénard.

iii) Fenomeni di propagazione, onde di compressione o rarefazione, invarianti di Riemann e caratteristiche, onde d'urto. Onde di gravità, relazione di dispersione, velocità di fase e velocità di gruppo, propagazione dell'energia, onde in condotti elastici.

iv) Cenni ai flussi in condotti collassabili.

v) Tecniche sperimentali per la misura delle grandezze che caratterizzano il flusso, e per la visualizzazione dello stesso.

BIBLIOGRAFIA
D.J. Tritton, *Physical fluid-dynamics*, Oxford Univ. Press, 1988.
G.K. Batchelor, *An introduction to fluid dynamics*, Cambridge Univ. Press, 1967.

P 2560 Illuminotecnica

Anno:periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 70 esercitazioni 20 laboratori 10 (settimanali 6/2)

Prof. Augusto Mazza (Energetica)

Il corso intende fornire le conoscenze necessarie alla valutazione dell'illuminamento naturale ed artificiale per interni ed esterni ed alla elaborazione di progetti di impianti di illuminazione, ampliando e completando le nozioni di illuminotecnica acquisiste dall'insegnamento di *Fisica tecnica*, che costituisce un prerequisito essenziale.

PROGRAMMA
Nella prima parte del corso vengono illustrate le caratteristiche della radiazione ed i processi di scambio radiativo.
Vengono quindi introdotte le grandezze fotometriche ed analizzato il processo della visione in tutti i suoi aspetti; particolare attenzione viene posta nella colorimetria ed in una approfondita analisi dei sistemi colorimetrici.
Vengono quindi prese in esame le sorgenti luminose ad incandescenza, luminescenza e fluorescenza ed i vari tipi di apparecchi illuminanti.
Si passa quindi ad i metodi di calcolo dell'illuminamento diretto (per aree all'aperto, campi sportivi, monumenti, ambienti di grandi dimensioni), seguiti da quelli per ambienti chiusi in presenza di superfici riflettenti.
Vengono approfondite le applicazioni a settori specifici: illuminazione stradale e di gallerie, illuminazione di impianti sportivi, di capannoni industriali, di uffici ed ambienti di lavoro con particolare attenzione ai problemi di conforto visivo ed alle considerazioni economico-energetiche.
Vengono infine trattati i principali aspetti dell'illuminazione naturale con i relativi metodi di calcolo.

ESERCITAZIONI. Calcolo e il progetto di diversi tipi di impianti di illuminazione e misure fotometriche in laboratorio.

BIBLIOGRAFIA
G. Forcolini, *Illuminazione di interni*, Hoepli, Milano, 1988.
G. Parolini, M. Paribeni, *Tecnica dell'illuminazione*, UTET, 1977.

P 3112 Macchine 2

Anno:periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 72 esercitazioni 44 laboratori 4 (settimanali 6/4)

Prof. Enrico Antonelli (Energetica)

Scopo del corso è quello di fornire le nozioni fondamentali sui motori a combustione interna volumetrici (alternativi e rotativi) e a flusso continuo (turbine a gas): il corso comprende, sia una parte più propriamente descrittiva, avente lo scopo di fornire una conoscenza generale della costituzione di detti motori, sia una parte a carattere formativo, necessaria per permettere la scelta in relazione all'impiego e per costituire la base della loro progettazione termica e fluidodinamica.

REQUISITI
Sono propedeutiche *Tecnologia dei materiali e chimica applicata* e *Macchine 1*.

PROGRAMMA
Richiami di termodinamica, fluidodinamica e termochimica applicata ai motori a combustione interna.
Motori volumetrici: classificazione, cicli ideali, criteri per l'impostazione del progetto di massima.
Motori alternativi ad accensione comandata, a 4 e a 2 tempi: costituzione, particolarità, funzionamento reale. Studio particolareggiato del funzionamento: riempimento, combustione normale e anomala, caratteristica meccanica e di regolazione; sistemi di alimentazione con carburatore e ad iniezione; apparati di accensione; emissioni.
Motori alternativi ad accensione per compressione, a 4 e a 2 tempi: costituzione, particolarità, funzionamento reale. Studio particolareggiato del funzionamento: combustione normale e anomala, caratteristica meccanica e di regolazione; apparati di iniezione; emissioni.
La sovralimentazione dei motori a 4 e a 2 tempi: modalità e relative prestazioni.
Notizie complementari sui motori alternativi: equilibramento; refrigerazione.
Turbine a gas: classificazione, cicli ideali e reali, semplici e complessi (inter-refrigerazione, ricombustione, rigenerazione); caratteristica meccanica e di regolazione; combustori e problemi di combustione; palettature e loro refrigerazione.
Reattori (turbo-, auto-, pulso-, endo-reattori): generalità, principi di funzionamento.

ESERCITAZIONI
Oltre ad esercizi numerici su argomenti trattati a lezione vengono svolte due esercitazioni numerico-grafiche consistenti nel calcolo delle prestazioni e nel dimensionamento di massima di un motore alternativo e di un impianto di turbina a gas.

LABORATORI
Smontaggio e rimontaggio di un motore automobilistico; rilevamento al banco–prova della caratteristica meccanica e di quella di regolazione di un motore alternativo.

BIBLIOGRAFIA
A. Capetti, *Motori termici*, UTET, Torino, 1967.
A. Capetti, *Esercizi sulle macchine termiche*, Giorgio, Torino, 1965.

P 3290 Meccanica del veicolo

Anno:periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 56 esercitazioni 58 (settimanali 4/4)

Prof. Giancarlo Genta (Meccanica)

PRESENTAZIONE
Dopo lo studio delle forze che il veicolo scambia con l'esterno viene sviluppato il calcolo delle prestazione nel moto rettilineo (velocità, accelerazione, consumi, frenatura, ecc.) ed in curva. Viene infine affrontato lo studio del comportamento dinamico del veicolo, in particolare per quanto riguarda il *comfort* di marcia e la sicurezza.

REQUISITI. *Meccanica razionale, Meccanica applicata alle macchine.* Si consiglia inoltre lo studente di frequentare *Costruzione di autoveicoli.*

PROGRAMMA
Forze scambiate tra veicolo e strada: caratteristiche dei pneumatici; forze scambiate in direzione longitudinale e trasversale; resistenza di rotolamento; comportamento dinamico del pneumatico.
Aerodinamica del veicolo: cenni di aerodinamica e nozioni di base; resistenza e portanza aerodinamica; altre forze e momenti aerodinamici.
Prestazioni del veicolo nel moto rettilineo: calcolo delle prestazioni del veicolo (velocità, accelerazione); adattamento del motore al veicolo; consumi; frenatura.
Moti curvi del veicolo: sterzatura cinematica; sterzatura dinamica; stabilità direzionale.
Comportamento dinamico delle sospensioni.

ESERCITAZIONI
Calcolo delle prestazioni di autoveicolo. Frenatura. Comportamento direzionale.

BIBLIOGRAFIA
G. Genta, *Meccanica dell'autoveicolo*, Levrotto & Bella, Torino, 1993.
A. Morelli, *Costruzioni automobilistiche*, estratto da: *Enciclopedia dell'ingegneria*, ISEDI, Milano, 1972.

P 3410 Meccatronica

Anno:periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 56 esercitazioni 28 laboratori 28 (settimanali 4/2/2)

Docente da nominare (Meccanica)

Il corso affronta le problematiche riguardanti i dispositivi misti meccanici - elettronici presenti nell'automazione industriale e presenta alcune applicazioni caratteristiche al riguardo.

PROGRAMMA
Definizione di sistema meccatronico. Componenti costituenti un sistema meccatronico: attuazione, sensorizzazione, interfacciamento, controllo. Specifiche di progetto e caratteristiche funzionali.
Cenni su differenti tipologie di attuazione: elettrica, oleoidraulica e pneumatica.
Scopo, funzione, e requisiti dei trasduttori utilizzati nei sistemi meccanici automatizzati. Principi di trasduzione. Struttura funzionale. Caratteristiche statiche: sensibilità, li-

nearità, risoluzione, isteresi. Caratteristiche dinamiche: modellazione di un trasduttore come sistema continuo, identificazione dei parametri del modello. Criteri di scelta dei sensori per macchine automatiche. Tipologie costruttive di sensori per il rilievo delle grandezze meccaniche: prossimità, spostamento, velocità, forza, coppia, pressione.
Scopo, funzione e requisiti dei dispositivi di interfaccia nell'attuazione a fluido (oleodinamica e pneumatica). Valvole proporzionali e servovalvole. Tipologie costruttive e funzionali. Criteri di scelta e di dimensionamento di interfacce in servosistemi a fluido.
Applicazioni di sistemi meccatronici con attuazione a fluido. Controlli di forza, di posizione, di pressione.
Applicazioni delle tecniche di controllo analogico e digitale nei sistemi meccatronici. Problematiche di acquisizione di segnali analogici, di conversione A/D e D/A e di comunicazione digitale.
Esempi di applicazioni industriali di sistemi meccatronici. Analisi teorica e sperimentale.

ESERCITAZIONI
È previsto lo sviluppo di esercitazioni in supporto agli argomenti sviluppati a lezione.
LABORATORI. È previsto lo svolgimento di esercitazioni in laboratorio su componenti e sistemi integrati.

P 3430 Metallurgia fisica

Anno:periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 70 esercitazioni 24 laboratori 6 (settimanali 5/2)

Prof. Bruno De Benedetti (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Si tratta di una disciplina, didatticamente autonoma, propedeutica fondamentale per l'indirizzo metallurgico del corso di laurea in *Ingegneria chimica* e per l'indirizzo metallurgico del corso di laurea in *Ingegneria meccanica.*
Tratta di struttura, proprietà, comportamento fisico-meccanico dei metalli, argomento appena sfiorati nei due corsi paralleli a carattere tecnologico e strettamente applicativo di *Tecnologia dei materiali metallici* e di *Metallurgia.*

REQUISITI. Le nozioni propedeutiche impartite nel corso di *Tecnologia dei materiali e chimica applicata.*

PROGRAMMA
Struttura cristallina dei metalli; principali tipi di reticolo cristallino; natura del legame metallico. Difetti nei metalli: vacanze, dislocazioni, bordi di grano, difetti di impilamento.
Leghe metalliche; soluzioni solide sostituzionali e interstiziali; fasi di Hume–Rothery e di Laves; soluzioni solide ordinate. Richiami di termodinamica delle leghe metalliche e diagrammi di stato binari.
Solidificazione dei metalli; fenomeni di nucleazione e crescita; solidificazione dendritica; fenomeni di segregazione; omogeneizzazione. Ricottura dei materiali metallici deformati a freddo: *recovery*, ricristallizzazione, crescita dei grani, ricristallizzazione secondaria. Fenomeni di indurimento per precipitazione: solubilizzazione, invecchiamento, nucleazione e crescita dei precipitati.

Diffusione nelle soluzioni solide sostituzionali; prima e seconda legge di Fick; prima e seconda legge di Darken; determinazione dei coefficienti di diffusione; autodiffusione nei metalli puri; diffusione interstiziale.
Deformazione con geminazione; nucleazione e crescita dei geminati.
Trasformazioni martensitiche; influenza delle sollecitazioni meccaniche sulla stabilità della martensite; trasformazioni bainitiche e perlitiche.
Frattura: nucleazione e propagazione della frattura; frattura intercristallina e transcristallina; resistenza all'impatto; frattura duttile; fragilità e rinvenimento; rotture a fatica.
Deformazioni plastiche e temperature elevate per scorrimento sotto carichi costanti.

ESERCITAZIONI
Calcoli roentgenografici: scelta dell'anticatodo; calcolo delle costanti reticolari; indicizzazione di un diffrattogramma; calcolo dei coefficienti di diffusione.
LABORATORI. Partecipazione a misure diffrattometriche su apparecchiature a goniometro verticale e orizzontale.

BIBLIOGRAFIA
R.E. Reed, *Physical metallurgy principles,* Van Nostrand, New York, 1977.
P. Brozzi, *Struttura e proprietà meccaniche dei materiali metallici,* ECIG, Genova, 1979.

P 3530 Metodologie metallurgiche e metallografiche

(non attivato 93/94)

Anno:periodo 4:2

[NdR: informazioni dettagliate sul corso non pervenute in tempo per la stampa]

P 3950 Plasticità e lavorazioni per deformazione plastica

Anno:periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 52 esercitazioni 52 (settimanali 4/4)

Prof. Giovanni Perotti (Sistemi di produzione ed econ. dell'azienza)

PROGRAMMA

1) Elementi di plasticità.

Cenni storici sulle tecnologie di deformazione dei metalli.

Comportamento dei materiali metallici in campo plastico, cenni sulla teoria delle dislocazioni.

Tensori delle tensioni, delle deformazioni, delle velocità di deformazione.

Teoria elementare della plasticità: relazioni fra tensioni, incrementi di deformazione, velocità di deformazione.

2) Caratteristiche di processi.

- Fucinatura libera, stampaggio massivo: magli e presse, condizioni e cicli di lavorazione. Stampi e materiali relativi.
- Laminazione a caldo ed a freddo, forze di laminaziane; calibrazioni dei cilindri, sequenze di laminazione.
- Estrusione di prodotti singoli, di barre e profilati. Trafilatura. Produzione dei tubi.
- Lavorazioni sulle lamiere: tranciatura, piegatura, stampaggio. Imbutitura: per costipamento e stiramento della lamiera; calcolo degli sviluppi, del numero di passaggi, delle forze. Anisotropia, curve limiti di formabilità.
- Processi non convenzionali.

ESERCITAZIONI

Calcolo degli stati di tensione e deformazione, analisi di cicli tecnologici di stampaggio massivo a caldo.

Determinazione di curve di plasticizzazione.

Calcoli di forze e potenze in operazioni di estrusione e di laminazione.

Calcolo di interferenze in stampi di estrusione. Sequenze di imbutitura.

Cenni su metodi per raggruppare i pezzi in famiglie di produzione (caso della lamiera).

LABORATORI E VISITE

Esame al microscopio di pezzi deformati, prove di ricalcatura, laminazione, imbutitura.

Visiste a stabilimenti operanti con alcune delle tecnologie sopra descritte.

TESTI CONSIGLIATI

H. Tschatsch, *Manuale lavorazioni per deformazione,* Tecniche Nuove, Milano.

M. Rossi, *Stampaggio a freddo delle lamiere,* Hoepli, Milano.

T. Spur, T. Stöferle, *Enciclopedia delle lavorazioni meccaniche,* Tecniche Nuove, Milano, 1980.

P 4110 Progettazione assistita di strutture meccaniche

Anno:periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 50 laboratori 10 (settimanali 4/4/2)

Prof. Antonio Gugliotta (Meccanica)

Il corso ha lo scopo di fornire i fondamenti teorici del metodo degli elementi finiti, con particolare riguardo all'analisi strutturale statica e dinamica in campo lineare elastico. Saranno illustrate le principali tecniche di programmazione e l'organizzazione dei programmi di calcolo più comunemente utilizzati; particolare enfasi verrà data all'interpretazione dei risultati.

PROGRAMMA
Calcolo matriciale delle strutture ed elementi finiti, formulazione di rigidezza. Costruzione e soluzione del sistema struttura. Metodi di soluzione. Problema dinamico, calcolo delle vibrazioni proprie.
Equazione dei lavori virtuali. Formulazione per il caso degli elementi finiti a spostamenti assegnati. Funzioni di forma. Elemento piano triangolare.
Coordinate naturali. Formulazione isoparametrica. Integrazione numerica. Elementi piani, solidi ed assialsimmetrici.
Modi incompatibili; *patch test*, calcolo delle tensioni, grado di approssimazione.
Piastre inflesse. Formulazione a spostamenti e rotazioni separati; *locking*; legame discreto tra flessione e taglio: grado di convergenza.
Equazione di equilibrio nel caso dinamico, matrice delle masse congruente e concentrata; calcolo delle frequenza proprie e dei modi di vibrare; ortogonalità, normalizzazione. Risposta in frequenza: caso di smorzamento nullo e non nullo, smorzamento di Rayleigh.
Metodi di integrazione diretta: metodo delle differenze centrali, di Houbolt, di Wilson-teta, di Newmark, della sovrapposizione modale, integrale di Duhamel. Algoritmi di calcolo.
Analisi della stabilità e precisione dei metodi di integrazione diretta; operatori di approssimazione e di carico, criterio di stabilità; applicazione ai metodi delle differenze centrali, di Houbolt, Wilson-teta, Newmark.

ESERCITAZIONI. Esercizi applicativi.
LABORATORI. Applicazioni a calcolatore del metodo degli elementi finiti.

BIBLIOGRAFIA
Gola, Gugliotta, *Introduzione al calcolo strutturale sistematico*, Levrotto & Bella.
R.D. Cook, *Concepts and applications of finite element analysis*, Wiley.

P 5130 Sperimentazione sulle macchine

Anno:periodo 4,5:2 Impegno (ore): lezioni 72 esercitazioni 4 laboratori 20 (settimanali 6/2)

Prof. Mario Rocco Marzano (Energetica)

Scopo del corso è quello di fornire le nozioni teoriche e l'esperienza pratica necessarie per affrontare i problemi connessi con le misure sperimentali sulle macchine a fluido. È particolarmente indicato per gli allievi che intendano svolgere attività sperimentale nel campo delle macchine a fluido presso l'università, l'industria o presso istituti preposti a prove di omologazione o collaudo su macchine a fluido.

REQUISITI. Sono propedeutiche le nozioni in *Elettrotecnica, Meccanica dei fluidi* e *Macchine*.

PROGRAMMA
Tecniche matematiche di elaborazione dei dati sperimentali. Valutazione degli errori di misura, accidentali e sistematici.
Tecniche di misura adottate nel campo delle macchine a fluido per la misura di grandezze fisiche, sia istantanee che medie, quali: temperature, pressioni, portate di fluidi, coppie, potenze, velocità angolari, velocità locali in una corrente di fluido, emissioni di inquinanti da motori a combustione interna, intensità di detonazione.
Tecniche di registrazione, di visualizzazione e di acquisizione dati.
Applicazione delle tecniche sopra indicate ai rilievi sperimentali richiesti più frequentemente nel campo delle macchine a fluido.

ESERCITAZIONI. Esercizi numerici su argomenti trattati a lezione.
LABORATORI
Analisi di singoli trasduttori, di apparati di registrazione, visualizzazione ed acquisizione dati. Rilievi sperimentali delle prestazioni di motori alternativi a combustione interna, di turbine a gas, di turbomacchine idrauliche, di compressori, di trasmissioni idrauliche; analisi delle emissioni da motori a combustione interna; rilievo dell'intensità di detonazione.
Analisi dei problemi di sperimentazione inerenti a vari banchi-prova aventi finalità sperimentali particolari.

BIBLIOGRAFIA
Worthing, Geffner, *Elaborazione dei dati sperimentali*, Ed. Ambrosiana, Milano.
Beekwith, Buck, *Mechanical measurements*, Addison-Wesley, London.
Doebelin, *Measurement systems*, McGraw-Hill.

P 5840 Teoria delle strutture

Anno:periodo 4:2 Impegno (ore): lezioni 54 esercitazioni 26 laboratori 28 (settimanali 4/2)

Prof. Pietro Bocca (Ing. strutturale)

Il corso si propone di fornire all'allievo la base e le metodologie idonee ad affrontare i problemi legati alla scelta, alla concezione ed al dimensionamento delle strutture, sia nella verifica dell'esistente, sia nella progettazione *ex novo*. Particolare rilievo sarà dato ai problemi strutturali delle murature. In tale ottica all'analisi critica delle varie tipologie si abbina un approfondimento delle metodologie sperimentali dei materiali e delle strutture e delle basi teoriche per lo studio del comportamento meccanico della struttura nella fase di danneggiamento.
Allo scopo il corso si suddivide in lezioni, esercitazioni in aula e in laboratorio e seminari a cui saranno chiamati esperti dei vari settori disciplinari.

PROGRAMMA
Il rapporto forma–struttura: i flussi statici ed i metodi grafici.
Le strutture resistenti per forma: l'arco; la fune; le superfici spaziali curve (cupole e volte); le tensostrutture; le superfici portanti a membrana tesa; le superfici a curvatura multipla ricavabili dal paraboloide iperbolico.
Le strutture resistenti per massa: i problemi strutturali delle murature.
Le basi teoriche della meccanica della frattura. Metodo degli elementi finiti. Problemi di calcolo numerico.
Sperimentazione dei materiali e delle strutture: metodologie distruttive e non distruttive.

P 1165 Criogenia + Tecnica del freddo
(Corso integrato)

Anno:periodo 5:1 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 50 (settimanali 4/4)

Prof. Armando Tuberga (Energetica)

Gli argomenti del corso integrato costituiscono un'applicazione della termodinamica nel campo di temperature inferiore a 0 °C. Lo scopo è fornire allo studente i criteri necessari a comprendere il funzionamento degli impianti che lavorano a temperature inferiori all'ambiente, evidenziando con l'analisi exergetica le situazioni costruttive e funzionali che favoriscono i fenomeni irreversibili e il conseguente maggior consumo di energia pregiata.
La tecnica del freddo comprende importanti applicazioni nell'ambito nazionale e mondiale, quali la conservazione e il trasporto di derrate alimentari. La criogenia trova notevoli applicazioni nell'industria (separazione e depurazioni di gas, conservazione e distribuzione di gas liquefatti per metallurgia e meccanica) e nella ricerca (raffreddamento di magneti superconduttori per produrre energia da fusione, proprietà dei materiali alle basse temperature, superconduttività).

REQUISITI. *Fisica tecnica, Analisi matematica* (funzioni di più variabili, equazione alle derivate parziali), *Fisica* (termofisica, magnetismo).

PROGRAMMA
Sviluppo storico del freddo. Panorama dei problemi e delle applicazioni.
Exergia, bilanci e rendimenti exergetici di impianti e componenti. Cicli frigoriferi: Carnot, a vapore mono- e pluristadio, in cascata; a gas, Stirling rigenerativo; ad assorbimento; a refrigerazione magnetica; a diluizione. Refrigerazione termoelettrica.
Proprietà dei materiali a bassa temperatura. Liquefazione dei gas: macchina Linde–Hampson semplice, con preraffreddamento, a due stadi; macchine di Claude, Heylandt, Kapitza. Impianti per aria, neon, idrogeno, elio.
Separazione dei gas. Rettifica semplice e doppia; separazione di argon e neon, di idrogeno e deuterio. Purificazione dei gas.
Componenti: bilancio exergetico e particolari costruttivi di compressori, scambiatori, rigeneratori, espansori, valvole. Isolamento termico, elementi di tecnica del vuoto. Impianti di conservazione e trasporto di gas liquefatti.

ESERCITAZIONI
Progetti di massima di sistemi frigoriferi e criogenici, con analisi exergetica dei singoli componenti. Si prevedono due visite a impianti o stabilimenti.

BIBLIOGRAFIA
E. Bonauguri, D. Miari, *Tecnica del freddo*, Hoepli, Milano, 1977.
R. Barron, *Cryogenic systems*, McGraw-Hill.
L. Borel, *Thermodynamique et énergétique*, Presses Polytechn. Romandes, Lausanne, 1984.

P 2460 Gestione industriale della qualità

Anno:periodo 5:1 Impegno (ore): lezioni 84 esercitazioni 28 (settimanali 6/2)

Prof. F. Galetto (Sistemi di produzione ed econ. dell'azienza)

Scopo: fornire agli allievi le nozioni fondamentali riguardanti i metodi di gestione, le tecniche usate nell'ambito delle aziende industriali per raggiungere gli obiettivi di qualità.

REQUISITI. *Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici.*

PROGRAMMA
Il cliente, l'azienda e la qualità.
La qualità: perché? Cosa è? Chi la fa? Chi ne è responsabile?
Il circolo vizioso della non-qualità
I principi fondamentali della qualità.
La qualità nello sviluppo dei prodotti: obiettivi e verifiche; le tecniche usate; la crescita dell'affidabilità.
Prevenzione e miglioramento.
I *manager* e la statistica: interpretare la realtà e raggiungere gli obiettivi.
Prevenzione dei guasti: l'affidabilità e i concetti fondamentali; le prove di affidabilità.
Progettazione degli esperimenti.
Strumenti per il miglioramento della qualità. Qualità durante il processo di produzione; significato e uso delle carte di controllo; indici di *capability*.
Qualificazione dei fornitori.
Certificazione delle aziende; le norme ISO; UNI; opportunità e rischi.
I costi della non-qualità: una miniera d'oro.
Organizzazione per la qualità; le responsabilità del *top management*.
La qualità dei *manager*, la qualità dei metodi, la qualità delle decisioni.
Illustrazione di casi aziendali reali.

P 2730 Impianti meccanici

Anno:periodo 5:1 Impegno (ore): 120 complessive

Prof. Armando Monte, Prof. Giovanni Bauducco (Idraulica, trasporti e infrastr. civili)

Scopo del corso: far conoscere i principali problemi attinenti agli impianti industriali, con i quali gli ingegneri meccanici verranno a contatto durante la loro attività professionale, e fornire i criteri di progettazione e gestione degli impianti stessi.

REQUISITI. *Scienza delle costruzioni, Fisica tecnica, Meccanica applicata alle macchine, Meccanica dei fluidi.*

PROGRAMMA
Criteri di progettazione degli impianti industriali. La disposizione dei macchinari e dei reparti.
Applicazione di metodi di ricerca operativa alla progettazione degli impianti.
Ingegneria economica. Valutazione della redditività degli investimenti impiantistici.
I trasporti interni agli stabilimenti industriali.

Impianti generali di distribuzione dell'acqua, dell'aria compressa e degli altri servomezzi occorrenti negli stabilimenti industriali.
Impianti di trattamento e ricircolo delle acque primarie e di scarico.
Trattamento dei fanghi e dei rifiuti solidi.
Impianti di aspirazione e filtrazione delle polluzioni atmosferiche.
Isolamento e riduzione dei rumori e delle vibrazioni in campo industriale.
Gestione dei progetti (*project management*).

ESERCITAZIONI
Progettazione di massima di un impianto industriale, applicando gli argomenti svolti a lezione.
LABORATORI. Visite a impianti industriali.

BIBLIOGRAFIA
A. Monte, *Elementi di impianti industriali*, Cortina, Torino,
e, in generale, la bibliografia ivi riportata.

P 3100 Logistica industriale

Anno:periodo 5:1 Impegno (ore): lezioni 50 esercitazioni 50 (settimanali 4/4)

Prof. Armando Monte (Idraulica, trasporti e infrastr. civili)

PROGRAMMA
Configurazioni di una rete logistica; metodi per il dimensionamento, la programmazione ed il controllo dei trasporti, sia interni che esterni.
Criteri di approvvigionamento dei materiali; incidenze sui costi aziendali; utilizzo di sistemi informativi; legami con i criteri JIT e TQC.
I trasporti interni: influenze sul *plant layout* di stabilimento; soluzioni automatizzate; modalità gestionali.
I magazzini industriali: soluzioni progettuali; sistemi di *picking* e di sicurezza; protezioni antincendio.
Modalità di confezionamento, imballaggio e codifica.
Magazzini centrali e periferici; distribuzione; gestione degli ordini; tipologie e criteri di scelta dei trasporti esterni.
Simulazioni; progettazione esecutiva; collaudi; indici di performance logistici.

ESERCITAZIONI
Progettazione di sistemi logistici industriali.

BIBLIOGRAFIA
Pubblicazioni specialistiche segnalate durante lo svolgimento del corso.

P 3280 Meccanica dei robot

Anno:periodo 5:1 Impegno (ore): lezioni 56 esercitazioni 56 (settimanali 4/4)

Prof. Ario Romiti (Meccanica)

Scopo del corso è di fornire le conoscenze necessarie per la progettazione funzionale e strutturale dei robot e per il loro adattamento ai vari possibili impieghi, e la formulazione dei modelli matematici che dovranno essere utilizzati dai programmatori dei controlli. Verranno dapprima studiate le caratteristiche dei componenti, quindi sarà effettuata l'analisi del sistema robot; verranno infine considerate le applicazioni, dall'integrazione del robot in sistemi complessi alla personalizzazione dei robot per usi particolari.

PROGRAMMA

Elementi caratteristici di robot e manipolatori. Classificazione dei robot. Gradi di libertà. Struttura meccanica dei robot. Configurazioni con elementi articolati e di scorrimento. Costituzione dei giunti e delle guide. Costituzione dei polsi. Sistemi di attuazione: elettrico, idraulico, pneumatico.

Caratteristiche meccaniche e di controllo degli attuatori. Sistemi di riduzione della velocità. Sensori di posizione e di velocità, assoluti ed incrementali, ottici ed elettromagnetici. Sensori tattili, di prossimità visuali. Sensori di forza. Trasduzione ed interpretazione dei segnali dei sensori.

Mani di presa meccaniche, elettromeccaniche, a vuoto. Movimentazione delle mani e delle dita. Forze di contatto.

Metodi di controllo automatico dei robot. Modellazione cinematica e dinamica del sistema meccanico del robot. Identificazione dei componenti. Metodi di analisi dinamica: teoremi generali, equazioni di Lagrange, metodi variazionali.

Rigidezze dei componenti e delle articolazioni. Effetti dell'elasticità della struttura. Modi di vibrazione. Precisione di posizionamento. Modelli delle mani di presa e dei sistemi di attuazione.

Trasmissioni nelle linee pneumatiche ed idrauliche. Studio dei transitori. Sollecitazioni dei componenti. Affidabilità e impiego nei sistemi flessibili di lavorazione. Sistemi di alimentazione. Meccanica delle apparecchiature di alimentazione ed orientamento. Sistemi passivi ed attivi di assemblaggio. La sensorizzazione dei sistemi di assemblaggio.

Robot di montaggio. Robot di manipolazione. Robot per saldatura a punti e continua. Robot di verniciatura. Robot speciali: autolocomotori, per protezione civile ed applicazioni mediche, per applicazioni spaziali, minerarie, oceaniche, nucleari.

Elementi di valutazione economica sull'impiego dei robot.

BIBLIOGRAFIA.

Vukobratovic, Portkonjak, *Dynamics of manipulation robots,* Springer, 1982.
Vukobratovic, Stokic, *Control of manipulation robots,* Springer, 1982.
R. Paul, *Robot manipulators : mathematics, programming and control,* MIT Press, 1981.

P 3360 Meccanica delle vibrazioni

Anno:periodo 5:1 Impegno (ore): lezioni 72 esercitazioni 32 laboratori 16 (settimanali 6/4)

Prof. Bruno Piombo (Meccanica)

Il corso si propone di utilizzare i metodi di studio di sistemi lineari e non lineari con applicazioni di su sistemi meccanici reali.

PROGRAMMA

Eccitazione impulsiva, a gradino, sinusoidale. Eccitazione periodica: serie di Fourier. Eccitazione aperiodica. Eccitazione casuale: parametri caratteristici di un processo casuale; ergodicità e stazionarietà; funzioni di correlazione.

Definizione e interpretazione della trasformata di Fourier; proprietà caratteristiche. Trasformate di Fourier di eccitazioni impulsive, sinusoidali e casuali. Auto- e *cross*-spettri, coerenza. Le trasformate di Fourier discretizzate (DFT) e quelle veloci (FFT).

Sistema massa, molla e smorzatore con smorzamento viscoso, isteretico e coulombiano: parametri caratteristici del sistema.

Risposta di un sistema SDOF alle eccitazioni impulsiva, a gradino sinusoidale. Risposta in frequenza. Risposta di un sistema SDOF ad eccitazioni aperiodiche: integrale di convoluzione. Trasformata di Fourier dell'integrale di convoluzione. Risposta di un sistema SDOF ad eccitazioni casuali. Forma matriciale del modello di un sistema vibrante MDOF. Smorzamento proporzionale e non proporzionale. Coordinate generalizzate. Trasformazione di coordinate.

Modi propri di vibrare (autovalori e autovettori). Principio di ortogonalità degli autovettori. La trasformazione modale. Applicazione dell'analisi modale per la determinazione della risposta di sistemi MDOF.

Sistemi MDOF smorzati in modo non proporzionale: autovalori e autovettori complessi. Risposta ad eccitazioni sinusoidali: metodo di Duncan; metodo di Fraejis de Veubeke o del ritardo di fase.

Sistemi continui. Modelli di sistemi meccanici: funi, travi, piastre.

Determinazione di autovalori e autovettori. Risposte ad eccitazioni di tipo impulsivo e sinusoidale.

L'analisi modale sperimentale e la strumentazione utilizzata. L'analisi delle funzioni di trasferimento ricavabili sperimentalmente (FRF). Estrazione dei parametri modali. Modelli SDOF e MDOF. I residui. Confronto tra i modelli modali ottenuti per via numerica e per via sperimentale.

Modellazione delle principali non linearità. Analisi teorica della risposta di sistemi non lineari a differente eccitazione. Applicazione delle trasformate di Hilbert, delle serie di Volterra e delle trasformate di Fourier multiple per l'analisi di sistemi non lineari.

ESERCITAZIONI

Vengono assegnati problemi pratici collegati con gli argomenti trattati nel corso.

LABORATORI. Esempi pratici di sistemi vibranti e relative misure sperimentali.

BIBLIOGRAFIA

G. Jacazio, B. Piombo, *Meccanica applicata alle macchine. Vol. 4*, Levrotto & Bella, Torino.

J.P. Den Hartog, *Mechanical vibrations*, McGraw-Hill, New York, 1956.

W.T. Thomson, *Vibrazioni meccaniche : teoria ed applicazioni*, Tamburini, 1974.

D.J. Ewins, *Modal testing : theory and practice*, Research Studies Press, Letchworth, 1985.

J.S. Bendat, A.G. Piersol, *Random data*, Wiley, New York, 1986.

L. Meirovitch, *Elements of vibration analysis*, McGraw-Hill, New York, 1985.

P 3730 Modelli funzionali per l'industria meccanica

Anno:periodo 5:1 Impegno (ore settimanali): lezioni 4 esercitazioni 4

Prof. Franco Lombardi (Sistemi di produzione ed econ. dell'azienza)

Il corso intende fornire un quadro specifico delle tecniche di modellizzazione e di analisi sistemistica finalizzate alla valutazione e gestione degli apparati produttivi e dei servizi industriali. Durante il corso vengono presentati alcuni casi reali che gli allievi sono chiamati ad affrontare anche con l'ausilio di idonei supporti di calcolo.

PROGRAMMA
Presentazione dei diversi approcci alla modellizzazione delle imprese.
Analisi dei sottosistemi logistici e studio del relativo comportamento dinamico.
Definizione delle strutture operative e di controllo.
Il problema della manutenzione preventiva ed i relativi modelli gestionali.
I metodi di valutazione.
I modelli integrati (*concurrent engineering*) e la qualità totale.

BIBLIOGRAFIA. Appunti del corso e documenti distribuiti durante le lezioni

P 3840 Motori termici per trazione

Anno:periodo 5:1 Impegno (ore): lezioni 80 esercitazioni 30 laboratori 6 (settimanali 6/4)

Prof. Carlo Vincenzo Ferraro (Energetica)

Scopo del corso è lo studio dei motori termici adatti alla trazione. Le nozioni già acquisite al riguardo nei precedenti corsi di *Macchine* vengono approfondite e completate con nozioni più specifiche. Il corso comprende una parte descrittiva, dedicata all'analisi della costituzione di particolari motori o di loro particolari apparati, ed una parte a carattere formativo dedicata allo studio sia di problemi caratteristiche dei motori termici per trazione, sia delle nozioni di base per la loro progettazione dal punto di vista termofluidodinamico.

REQUISITI. Sono propedeutiche le nozioni acquisite in *Macchine 1* e *Macchine 2*, oppure in *Macchine*.

PROGRAMMA
Richiami di termodinamica, termochimica e fluidodinamica applicate ai motori termici per trazione.
Studio dei motori adatti alla trazione: prestazioni, con particolare riferimento ai consumi di energia, alle emissioni di inquinanti, alla prontezza di risposta ed alla stabilità della caratteristica meccanica; criteri di massima per la progettazione dal punto di vista termofluidodinamico; prospettive future.
Argomenti specifici:
1. Motori alternativi a combustione interna: criteri di scelta della geometria dell'albero motore; apparati di alimentazione e distribuzione, con particolare riferimento all'iniezione nei motori ad accensione comandata e ad accensione per compressione;

combustione normale ed anomalie di combustione; emissioni di inquinanti e dispositivi anti-inquinamento; dispositivi di scarico, apparati ausiliari; particolarità costruttive e funzionali del motore a due tempi a *carter*–pompa; apparati di regolazione per motori ad accensione per compressione; cenni ai motori a carica stratificata.
2. Motori rotativi a combustione interna: relazioni cinematiche e particolarità del funzionamento; problemi di alimentazione e combustione.
3. Turbomotori a combustione interna: schemi adatti alla trazione terrestre, problemi di frenatura, di raffreddamento delle palette, di limitazioni sulla potenza.

ESERCITAZIONI
Progetto di massima, distribuzione e contrappesamento di un motore alternativo a combustione interna.
LABORATORI. Smontaggio e rimontaggio di un motore automobilistico; rilevamento delle prestazioni di motori a combustione interna, valutazione delle caratteristiche indetonanti dei carburanti.

BIBLIOGRAFIA
A. Capetti, *Motori termici*, UTET, Torino.
A. Capetti, *Esercizi sulle macchine termiche*, Giorgio, Torino.
Per argomenti particolari saranno indicati testi da consultazione.

P 4020 Principi e metodologie della progettazione meccanica

Anno:periodo 5:1 Impegno (ore): lezioni 52 esercitazioni 60 laboratori 8 (settimanali 4/6)

Prof. Pasquale Mario Calderale (Meccanica)

Il corso ha lo scopo di fornire agli allievi meccanici la conoscenza dei metodi attualmente usati nel processo di impostazione, progettazione, sviluppo e definizione strutturale dei sistemi meccanici. Il contenuto del corso, parallelamente all'evoluzione del concetto stesso di progettazione, evolve verso l'integrazione con altre competenze, facendo oggetto del proprio intervento tutta la vita delle macchine, dallo studio preliminare, alla progettazione intesa in senso tradizionale, alla costruzione, alla manutenzione ed infine alla eliminazione ecologica dei rottami.
Il corso comprende lezioni, esercitazioni teoriche e sperimentali, eventuali visite di istruzione.

REQUISITI. (Consigliati) *Disegno tecnico industriale, Scienza delle costruzioni Meccanica applicata alle macchine, Tecnologia meccanica, Costruzione di macchine.*

PROGRAMMA
Esame del processo di progettazione
Introduzione ai principi e alla razionalizzazione del processo progettativo dall'idea alla eliminazione ecologica dei rottami. Approccio sistemistico della progettazione. Gestione della progettazione.
Cenni sulle nuove metodologie di progettazione: concetti di ingegneria simultanea o parallela, integrazione tra progettazione di prodotto e progettazione di processo.

Cenni sulla progettazione per *features*. Cenni sull'intelligenza artificiale e sui sistemi esperti; basi di dati della conoscenza, meccanismo inferenziale, euristica. Cenni sulle reti neuronali.
Valutazione economica del progetto. Introduzione all'analisi del valore.
Affidabilità globale / Qualità totale. Certificazione della qualità. Diagnostica e manutenzione. Responsabilità da prodotto.
Computer aided engineering (CAE): progettazione con l'ausilio del calcolatore (CAD); cenni sulla produzione assistita (CAM); sperimentazione assistita (CAT).
Metodi di calcolo e metodologie di progetto.
Analisi strutturale con metodi matriciale, agli elementi finiti e agli elementi di contorno. Tubi. Recipienti cilindrici.
Analisi delle tensioni nei dischi e nei rotori.
Progettazione dinamica delle macchine: vibrazioni libere, forzate, smorzate, composte; velocità critiche flessionali; vibrazioni torsionali; applicazione della analisi modale strutturale. Resistenza dei materiali sottoposti a sollecitazioni casuali statiche e a fatica. Meccanica della frattura.
Progettazione con materiali compositi.
Progettazione a resistenza e a rigidezza.
Progettazione affidabilistica statica e a fatica.
Metodi sperimentali.
Estensimetria. Fotoelasticità. Vernici fragili. Torsiografi. Vibrometria laser. Controlli non distruttivi.
Applicazioni.
Problemi di progettazione dell'autoveicolo: progettazione strutturale di organi di motori e delle scocche. Problemi di analisi acustica e di instabilità. Verifiche ad urto. Esempio di progettazione del sistema meccanico "motore": interazione fra albero e basamento.
Calcolo a resistenza e a rigidezza delle funi.

ESERCITAZIONI
In laboratorio informatico: calcolo delle tensioni in un disco di turbina; calcolo delle velocità critiche flessionali di un gruppo compressore-turbina; verifica di un albero a gomiti di un motore alternativo.
In laboratorio sperimentale: metodi di controllo non distruttivi; macchina di prova statiche, a fatica e speciali (macchina di prova per volani, macchina di prova per componenti in materiale composito, macchina di prova per funi, ecc.); misura sperimentale delle vibrazioni; misure di smorzamento; fotoelasticità, estensimetria, determinazione sperimentale di momenti d'inerzia.

BIBLIOGRAFIA
Principi e metodologie della progettazione meccanica, 4 vol., Levrotto & Bella, Torino.
R. Giovannozzi, *Costruzione di macchine. Vol. 2*, Patron, Bologna.
R. Ghigliazza, *Guida alla progettazione delle macchine*, Tolozzi.
M.M. Gola, A. Gugliotta, *Introduzione al calcolo strutturale sistematico*, Levrotto & Bella, Torino.

P 4090 Produzione assistita da calcolatore

Anno:periodo 5:1 Impegno (ore): lezioni 56 esercitazioni 56 (settimanali 4/4)

Docente da nominare (Sistemi di produzione ed econ. dell'azienza)

Primo obiettivo del corso è presentare i metodi e gli strumenti per la "progettazione assistita" (CAD) di nuovi prodotti, e per la traduzione del ciclo di lavorazione risultante in programmi di lavoro per le unità operatrici (CAM). In secondo luogo, il corso discute metodi e procedure per la "pianificazione del processo produttivo" (CAPP), ossia scelta delle unità operatrici e ottimizzazione dei parametri di lavorazione.

PROGRAMMA
Metodi per la specificazione dei cicli di lavorazione.
Principali approcci alla "progettazione assistita" e relativi strumenti *software*.
Principali linguaggi per la stesura di programmi di lavorazione: analisi ed uso.
Pianificazione del processo produttivo mediante utilizzo dei concetti della *group technology*.

P 4180 Progettazione di sistemi di trasporto

Anno:periodo 5:1 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 45 (settimanali 4/1,5)

Prof. Dante Marocchi (Idraulica, trasporti e infrastr. civili)

Il corso è dedicato essenzialmente alla progettazione degli impianti a fune e dei veicoli per trasporti su strada.

PROGRAMMA
Gli impianti a fune.
Caratteristiche e norme costruttive. Le funi metalliche: classificazione ed impiego. Configurazione delle funi in opera. Funicolari terrestri. Funicolari aeree per trasporto merci e passeggeri. Costruzione degli impianti a fune. Prove non distruttive ed esami di laboratorio.
Problemi speciali sui veicoli stradali e ferroviari.
Il traino e la frenatura dei veicoli singoli e con rimorchio.
Ascensori in servizio pubblico e privato. Scale mobili. Montacarichi. Elevatori.
Trasporti con sistemi non convenzionali ed innovativi.
La sicurezza nel trasporto.

ESERCITAZIONI
Sono previste esercitazioni di gruppo. A ciascun livello o gruppo di allievi (massimo 3) verrà assegnata una esercitazione da svolgere prima dell'iscrizione all'esame.

P 5410 Tecnica del controllo ambientale

Anno:periodo 5:1 Impegno (ore): lezioni 84 (settimanali 6)

Prof. Marco Masoero (Energetica)

L'interazione uomo–ambiente (inteso sia come spazio esterno e sia come spazio confinato) è oggetto di crescente interesse nel mondo scientifico e professionale. Il corso si rivolge agli allievi ingegneri che intendano acquisire le conoscenze di base e gli strumenti operativi per poter affrontare problemi quali la climatizzazione, ventilazione e illuminazione degli edifici civili e industriali, il monitoraggio e controllo dell'inquinamento atmosferico, il controllo del rumore, ecc.

PROGRAMMA

1. *L'inquinamento atmosferico.*
   Cenni di fisica dell'atmosfera; cause ed effetti dell'inquinamento atmosferico a scala locale e globale; dispersione in atmosfera degli inquinanti; monitoraggio della qualità dell'aria; soluzioni ingegneristiche per il controllo delle emissioni inquinanti; riferimenti legislativi.
2. *Il controllo dei parametri termoigrometrici e di qualità dell'aria* indoor.
   Comfort termoigrometrico; caratteristiche dell'inquinamento *indoor*; tecniche per la climatizzazione ambientale e per il trattamento fisico-chimico dell'aria; ventilazione naturale e meccanica di edifici civili, industriali e del terziario; riferimenti normativi.
3. *Problemi di acustica ambientale.*
   Richiami di acustica fisica e di fisiologia dell'apparato uditivo; generazione e propagazione del suono e delle vibrazioni in ambienti aperti e confinati; effetti del rumore e delle vibrazioni sull'uomo e sull'ambiente; proprietà dei materiali; problemi di controllo del rumore e delle vibrazioni in campo civile, industriale e nei trasporti, metodi teorico-numerici e sperimentali in campo acustico e vibrazionale; riferimenti normativi.
4. *Problemi di illuminazione.*
   Richiami di illuminotecnica; requisiti illuminotecnici degli ambienti interni ed esterni, illuminazione naturale ed artificiale: metodi di calcolo e soluzioni costruttive; riferimenti normativi.
5. *La Valutazione di Impatto Ambientale.*
   La VIA come strumento di supporto alle decisioni in campo ambientale; analisi della legislazione italiana ed internazionale ed esempi di applicazioni ad impianti per la produzione di energia, sistemi di smaltimento dei rifiuti, complessi industriali, infrastrutture di trasporto, ecc.

ESERCITAZIONI

Nelle esercitazioni saranno sviluppati temi progettuali monografici quali: analisi della climatizzazione e illuminazione di edifici industriali o del terziario, progetto di opere di mitigazione del rumore in campo industriale, simulazione dell'impatto atmosferico e da rumore di impianti o infrastrutture territoriali, aspetti specifici della VIA di impianto o infrastrutture.

P 5450 Tecnica della sicurezza elettrica

Anno:periodo 5:1 Impegno (ore): lezioni 80 esercitazioni 20 (settimanali 6/2)

Prof. Vito Carrescia (Ing. elettrica industriale)

Il corso ha lo scopo di fornire all'allievo gli elementi utili per conseguire una utilizzazione dell'energia elettrica sicura per le persone.

REQUISITI. Per un'attiva partecipazione è necessario che l'allievo possieda le nozioni basilari dell'elettrotecnica.

PROGRAMMA
Introduzione alla filosofia della sicurezza.
Effetti della corrente elettrica sul corpo umano. *Macroshock, microshock.* Limiti di sicurezza.
Generalità sui sistemi di protezione.
Sistemi di protezione contro i contatti indiretti sui sistemi TT, TN, IT e senza interruzione del circuito. Compatibilità di collegamento a terra delle masse in alta e bassa tensione e del neutro.
Sistemi di protezione contro i contatti diretti. Interruttori differenziali: campo d'impiego, limiti protettivi.
Tecnica della sicurezza nelle applicazioni elettromedicali.
Protezione delle condutture contro i sovraccarichi e cortocircuiti.
Sezionamento, comando, arresto d'emergenza.
Impianti elettrici nei luoghi con pericolo d'esplosione e incendio (per elettrotecnici).
Elementi di protezione contro le radiazioni ionizzanti e non ionizzanti (per elettronici).
Sezionamento e comando.
Alimentazione di emergenza e di sicurezza.
Cenni alla protezione contro le scariche atmosferiche.
Collaudi e verifiche.

ESERCITAZIONI. Le esercitazioni consisteranno in applicazioni pratiche dei principi di sicurezza generali e potranno essere condotte anche al di fuori dell'area del Politecnico, direttamente sull'impianto o apparecchio oggetto dell'esercizio.

BIBLIOGRAFIA.
Norme del CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) 11-1, 11-8, 64-2, 64-4, 64-8, 81-1.
V. Carrescia, *Tecnica delle sicurezza elettrica*, Hoepli.

P 0380 Azionamenti elettrici

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 104 esercitazioni 16 (settimanali 8/2)

Prof. Francesco Profumo (Ing. elettrica industriale)

Il corso tratta le diverse tipologie di azionamenti elettrici per applicazioni industriali.

PROGRAMMA.
Note introduttive.
Definizione di azionamento e degli elementi costituenti: attuatori elettromeccanici, strutture elettroniche di potenza e strutture di controllo. Tipologie di azionamenti *dc* e *ac* e principali campi di applicazione.
Strutture elettroniche di potenza.
Componenti elettronici di potenza: diodi, SCR, GTO, BJT, MOSFET, IGBT. Riepilogo dei convertitori *ac/dc* e tipologie di controllo. Tipologie di convertitori *dc/dc*. Tipologie di convertitori *ac/ac* senza *link* in continua: *back to back* e convertitori a matrice. Tipologie di convertitori *ac/ac* con *link* in continua: *hard switching* e *soft switching*. *Inverter* a tensione impressa e a corrente impressa.
Attuatori elettromeccanici.
Riepilogo delle equazioni della macchina *dc* e tipologie di motori a campo avvolto e a magneti permanenti. Riepilogo delle nozioni basi dei motori ad induzione e dei motori sincroni con riferimento alle applicazioni a velocità variabile.
Strutture di controllo.
Generalità sul comando in tensione e sul comando in corrente. Tipologie di modulatori (analogici e digitali) e tecniche di modulazione in anello aperto e con riferimenti generati in anello chiuso. Controlli analogici e digitali.
Azionamenti dc.
Azionamenti con strutture di potenza a ponte e controllo della tensione di armatura e della tensione di campo. Anelli di corrente. Controllo a coppia costante e a potenza costante. Azionamenti con strutture di potenza a *chopper*.
Azionamenti ac *per motori ad induzione.*
Soft start. Azionamenti ad *inverter* a corrente impressa. Azionamenti ad *inverter* a tensione impressa: ad onda quadra e modulati. Metodi scalari di controllo. Azionamenti per il controllo della frequenza e per il controllo della coppia. Azionamenti con *inverter* di tensione di tipo *V/f* costante: anello aperto, con anello di velocità, con controllo di scorrimento, controllo di coppia e di flusso. Azionamenti di tipo CRPWM. Azionamenti con *inverter* di corrente. Limiti delle soluzioni presentate. Metodi vettoriali di controllo.
Azionamenti ac *per motori sincroni.*
Metodi scalari di controllo: anello aperto di tipo *V/f* costante, autocontrollo, cicloconvertitore. Metodi vettoriali di controllo: cicloconvertitore, motori a magneti permanenti.

BIBLIOGRAFIA
T.A. Lipo, D.W. Novotny, *Electromechanical systems,* Note del corso ECE 411, Univ. of Wisconsin, Madison, 1986.
W. Leonhard, *Control of electrical drives,* Springer, Berlin [etc.], , 1985.
B.K. Bose, *Power electronics and AC drives,* Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1986.

P 0980 Costruzione di materiale ferroviario

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 60 (settimanali 4/4)

Prof. Giovanni Roccati (Meccanica)

Il corso intende fornire agli allievi le nozioni occorrenti per l'applicazione dei principi dell'ingegneria meccanica nella costruzione dei rotabili ferroviari, illustrando a tal fine le caratteristiche dei rotabili in esercizio o in via di realizzazione.
Le lezioni ed esercitazioni, previo benestare degli enti interessati, potranno essere integrate da visite ad officine di produzione o manutenzione di rotabili ferroviari.

PROGRAMMA
Generalità; ferrovie normali e speciali; criteri di classificazione del materiale rotabile; scartamento, sagoma limite, peso per asse ammesso, accoppiabilità dei veicoli e dei loro impianti.
Ganci, respingenti, accoppiatori; assi, ruote, boccole e dispositivi di guida relativi, sospensioni primarie e secondarie, carrelli.
Casse e telai; cenni sul calcolo delle strutture auto-portanti e sulle tecniche costruttive.
Frenatura: tradizionale, elettrica, a pattini magnetici. Cilindri–freno, timonerie, dispositivi di ripresa del gioco, ceppi e pattini. Freni: a vuoto, diretto moderabile, automatico continuo.
Gli elementi della macchina motrice; il cabraggio della locomotiva: i sistemi di trazione elettrica ed i corrispondenti equipaggiamenti elettrici; trasmissioni del moto dai motori alle sale.
I motori Diesel: sistemazione ed ingombri ammissibili, la sovralimentazione ed il raffreddamento, la potenza UIC, la taratura.
Le trasmissioni meccaniche, idromeccaniche, idrauliche: caratteristiche principali e settori di applicazione. Tipi e caratteristiche di regolazione delle trasmissioni elettriche.
Il comportamento dinamico del veicolo e l'interazione ruota–rotaia (cenni).
I problemi dei veicoli passeggeri: accesso, arredamento, illuminazione, riscaldamento, climatizzazione, insonorizzazione; metodi per valutare il *comfort* di marcia (cenni).

ESERCITAZIONI
Comprenderanno tanto brevi richiami su argomenti di interesse ferroviario non compresi nel programma di lezioni (nozioni di meccanica della locomozione ferroviaria, caratteristiche meccaniche di tasselli di gomma, ecc.), quanto brevi calcoli di diverso tipo (valutazione di prestazioni di mezzi di trazione, progetto o verifica di componenti diversi del veicolo).
Tali calcoli verranno svolti con la duplice finalità di fornire agli allievi metodi di calcolo o studio per quanto possibile applicabili anche al di fuori del settore dell'ingegneria ferroviaria e di rendere famigliari agli allievi dimensioni, pesi, sollecitazioni usuali nei vari componenti dei veicoli ferroviari, nonché delle resistenza al moto e degli sforzi di trazione.
Gli argomenti specifici di questi calcoli potranno variare di anno in anno. Alcuni periodi di esercitazione potranno essere dedicati ad incontri con ingegneri operanti nel settore ferroviario.

BIBLIOGRAFIA
F. Di Majo, *Costruzione di materiale ferroviario*, Levrotto & Bella, Torino.

P 1040 Costruzioni biomeccaniche

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 52 esercitazioni 40 laboratori 10 (settimanali 4/4)

Prof. Pasquale Mario Calderale (Meccanica)

Il corso ha lo scopo di fornire agli allievi la conoscenza delle più importanti applicazioni delle metodologie di progettazione e della meccanica strutturale alla macchina umana, con particolare riferimento alle parti di sostituzione.

REQUISITI. *Meccanica razionale, Meccanica applicata alle macchine, Scienza delle costruzioni, Biomeccanica.*

PROGRAMMA
Biomeccanica ortopedica:
- richiami di fisiologia articolare;
- modelli matematici per la valutazione delle forze articolari
- protesi articolari portanti (anca, ginocchio, caviglia): descrizione, problematiche, metodi di progettazione;
- protesi articolari degli arti superiori: descrizione, problematiche, metodi di progettazione;
- arti artificiali attivi: problemi funzionali, strutturali e di accoppiamento con il corpo umano.

Biomeccanica odontostomatologica:
modelli matematici del sistema odontostomatologico;
protesi rimovibili: criteri di progettazione e metodi di valutazione;
impianti e perni moncone: criteri di progettazione e metodi di valutazione.
Biomeccanica dello sport:
scopi, metodi ed esempi di applicazione.
Biomeccanica cardiocircolatoria:
richiami di fisiologia del sistema cardiocircolatorio;
modelli matematici del sistema cardiocircolatorio;
attrezzature per l'assistenza cardiocircolatoria;
cuore artificiale: problematiche, metodi di controllo e problemi strutturali.

P 1530 Economia ed organizzazione aziendale

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 60 (settimanali 4/4)

Prof. Antonino Caridi, Prof. Nicola Dellepiane (Idraulica, trasporti e infrastr. civili)

Il corso presenta i principi e le applicazioni dell'economia aziendale e delle tecniche aziendali nel quadro delle decisioni relative sia alla gestione operativa che alla evoluzione ed allo sviluppo dell'impresa. I temi generali trattati sono: obiettivi, decisioni, strategie aziendali, la previsione e la programmazione; Il controllo del processo produttivo ed il controllo economico di gestione.
Durante il corso sono trattate in fase propedeutica nozioni di matematica finanziaria, di statistica e di ricerca operativa (programmazione lineare, tecniche reticolari, teoria delle code, metodi di simulazione).

PROGRAMMA
Analisi dell'azienda e dei suoi rapporti con l 'ambiente.
L'azienda come sistema aperto. Analisi della dinamica dei principali subsistemi aziendali. Tipologie produttive. Obiettivi e politiche aziendali. Le funzioni aziendali e le

relative strutture. Strategie di cambiamento, di *marketing*, di prodotti, di ricerca e sviluppo, finanziarie, tecnologiche. Analisi dinamico-strategica.
Analisi previsionale.
Previsione tecnologica: metodi intuitivi: metodo Delphi, *brain storming*, *panel*. Metodi di previsione delle vendite. Metodo della regressione. Analisi di serie storiche e relativa destagionalizzazione. Modelli autoproiettivi: media mobile e livellamento esponenziale.
Fase decisionale.
Decisioni: in ambiente deterministico, stocastico, a distribuzione libera. Le decisioni di investimento: *discounted cash flow*, *pay-back period*. *Internal rate of return*. Criterio dell'equivalente annuo. Metodo del *life cycle cost*. Metodo dell'efficacia di costo. Alberi di decisione. Analisi di sensitività. Piano di rimborso di un finanziamento. Decisioni di sostituzione del macchinario anche in presenza di obsolescenza. Decisioni di dimensionamento di servizi aziendali.
Pianificazione aziendale e programmazione della produzione.
Piano commerciale, piano della produzione, piano risorse. Programmazione aggregata ed operativa della produzione. Fasi della programmazione operativa. *Planning, routing, scheduling. Dispatching. Control.* PPMPS-MRP-CRP. MRP II. Programmazione temporale (*scheduling*). Metodi di assegnazione ottimale. Metodi ordinamento sequenziale ottimale. Programmazione di un progetto complesso con tecnica PERT e PERT Cost, anche in condizione di rischio. Studio dei tempi di esecuzione. Metodo delle osservazioni istantanee per calcolare il tempo *standard* di produzione. Produzione snella.
Controllo qualitativo della produzione.
Approccio globale alla qualità: QFD. FMEA di progetto di prodotto e di processo. Metodo Taguchi. SPC (verifica della *capability*). Carte di controllo e piani di campionamento per variabili e per attributi. Metodologia *problem solving*. Circoli di qualità. *Cedac*, certificazione.
Controllo economico della gestione.
Calcolo costo di produzione. Contabilità a costi *standard*. Analisi degli scostamenti per valutare l'efficienza gestionale. La formulazione di un preventivo. Il bilancio aziendale. Situazione patrimoniale e conto economico. Gli indici di bilancio. La valutazione delle aziende attraverso i dati di bilancio. L'equilibrio economico finanziario. Analisi di *break even*. Monoprodotto e multiprodotto, lineare e non lineare. Il *budget* di esercizio. Misure per migliorare il profitto: l'analisi del valore e lo *zero base budgeting*.
Logistica aziendale: il sistema logistico integrato.
La gestione dei materiali a fabbisogno e a scorta. La gestione scorte in un sistema ad un solo livello o a più livelli. Modelli dinamici di rischio nella gestione delle scorte. L'approccio *just in time* e il *Kanban system*. Soluzione a problemi ubicazionali interni ed esterni. Programmazione dei trasporti di distribuzione.

ESERCITAZIONI
Nelle esercitazioni vengono presentati dei casi da discutere e risolvere in gruppo. Si tratta essenzialmente di problemi decisionali anche in situazioni di rischio.

BIBLIOGRAFIA
A. Caridi. *Tecniche e organizzative e decisionali per la gestione aziendale*, Levrotto & Bella, Torino.
A. Caridi, *Pianificazione capacità produttiva e programmazione della produzione*, Levrotto & Bella, Torino.
A. Caridi, *Il sistema azienda, obiettivi e strategie*, Levrotto & Bella, Torino.
A. Caridi, *L'analisi decisionale*, Levrotto & Bella, Torino.
E. Lotti, *Come dirigere un'azienda*, Levrotto & Bella, Torino.

P 1700 Elettrometallurgia

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 56 esercitazioni 28 (settimanali 4/2)

Prof. Bruno De Benedetti (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso ha lo scopo di fornire i principi impiantistici delle varie tecnologie metallurgiche che utilizzano elettricità come fonte energetica primaria. In tale ambito si porrà particolarmente l'accento sulle problematiche relative alla conduzione degli impianti.
Il corso si rivolge a studenti con sufficiente preparazione di base nell'ambito della metallurgia di processo e dell'elettrotecnica.

PROGRAMMA

1. Trasformazione dell'energia elettrica in calore (per resistenza, per arco, per induzione) e relativo trasferimento alla carica metallica dei forni. Classificazione dei principali tipi di forni metallurgici.
2. Acciaieria elettrica: descrizione dei flussi energetici e di materiale. Potenza attiva e reattiva, diagramma circolare del forno elettrico. Condizioni di marcia dei forni ad arco: fusione della carica, scorifica, affinazione, colata. Metallurgia in siviera con e senza apporto di energia, trattamenti sotto vuoto ed in gas inerte. Colata in lingottiera. Colata continua. *Stirring* elettromagnetico in siviera e in colata continua. Rifusione dei lingotti: in forno ad arco sotto vuoto o sotto scoria elettroconduttrice.
3. Impiego dei principali forni elettrici ad induzione in fonderia. Ghisa: fusione di rottame, omogeneizzazione delle leghe provenienti dal cubilotto.
4. Forni elettrolitici per la produzione di alluminio primario. Confronto energetico col ciclo di raffinazione dei rottami.
5; Rassegna di processi particolari di interesse elettrometallurgico con particolare riguardo a: saldatura; processi a corrente costante e tensione costante, applicazioni alla saldatura dei principali materiali di interesse ingegneristico. Trattamenti termomeccanici utilizzanti il riscaldamento induttivo.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni integrano le lezioni fornendo approfondimenti relativi al dimensionamento ed alla verifica dei principali tipi di impianto.

BIBLIOGRAFIA

L. Di Stati, *Forni elettrici,* Patron, Bologna, 1976.
J.H. Brunklaus, *I forni industriali,* Tecniche ET, Milano, 1985.
H.B. Cary, *Modern welding technology,* Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1979.

B 2120 Fluidodinamica delle turbomacchine

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 50 esercitazioni 50 (settimanali 4/4)

Prof. Luca Zannetti (Ing. aeronautica e spaziale)

Il corso si propone di completare le conoscenze generali, acquisite dagli allievi ingegneri aeronautici negli insegnamenti di macchine, con le nozioni necessarie alla progettazione delle turbomacchine e alla previsione delle loro prestazioni. Elementi dell'aerodinamica classica, quali il flusso potenziale incompressibile e il flusso irrotazionale compressibile supersonico, vengono richiamati ed applicati allo studio delle turbomacchine.

REQUISITI. Le nozioni contenute nel corso di *Macchine*.

PROGRAMMA
Richiami di termodinamica.
Elementi di meccanica dei fluidi e loro applicazione allo studio di schiere di profili: le equazioni di Eulero; le equazioni del potenziale di velocità e della funzione di corrente; il potenziale complesso; il campo di moto attorno a profili isolati e in schiera col metodo delle trasformazioni conformi.
Valutazione empirica degli effetti della viscosità e della compressibilità sulla prestazioni di schiere di profili.
La soluzione del problema diretto e inverso per schiere di profilo per mezzo di correlazioni sperimentali.
L'equilibrio radiale.
Criteri di svergolamento.
Fenomeni di stallo e pompaggio in compressori assiali.
Elementi di aerodinamica supersonica: le linee di Mach; onde d'urto; il metodo delle caratteristiche.
Fenomeni connessi a correnti supercritiche e supersoniche su schiere di profili.
L'incidenza unica.

BIBLIOGRAFIA.
J.H. Horlock, *Axial flow compressors,* Butterworths, London, 1958.
J.H. Horlock, *Axial flow turbines,* Butterworths, London, 1958.
G.F. Wislicenus, *Fluid mechanics of turbomachinery,* Dover, New York, 1965.

P 2820 Impianti termotecnici

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 30 (settimanali 4/2)

Prof. Marco Masoero (Energetica)

Il corso, di taglio fortemente applicativo, è destinato alla formazione di figure professionali quali il progettista di impianti, il responsabile del settore impianti, ambiente, o *energy manager* nell'industria, il funzionario di ente pubblico preposto ai settori dell'energia e dell'ambiente.
Elemento didattico fondamentale è lo sviluppo di alcune esercitazioni progettuali, attorno alle quali è costruito il programma del corso.

REQUISITI. Insegnamento propedeutico fondamentale il corso di *Fisica tecnica.*

PROGRAMMA
1. Classificazione e descrizione degli impianti termotecnici per applicazioni civili ed industriali. Richiami di termodinamica, trasmissione del calore e moto dei fluidi.
2. I componenti fondamentali degli impianti (scambiatori di calore, generatori di calore, gruppi frigoriferi e pompe di calore, reti per la distribuzione dei fluidi, ecc.): descrizione costruttiva e modelli matematici.
3. Sviluppo progettuale di impianti: dati di progetto, metodi di dimensionamento e verifica di tipo manuale e informatizzato, riferimenti normativi e per la progettazione, aspetti economici; costruzione, conduzione e manutenzione degli impianti termotecnici.
4. L'uso ottimale dell'energia in campo impiantistico: tecnologie per il risparmio energetico e per l'uso di fonti rinnovabili; aspetti economici e tariffari; la legislazione vigente in materia.
5. L'impatto ambientale degli impianti: il concetto di Valutazione di Impatto Ambientale e le implicazioni in campo impiantistico; l'impatto sulle componenti "atmosfera" e "rumore"; riferimenti normativi.

ESERCITAZIONI
1. Progetto della centrale termica di un complesso industriale: analisi delle prestazioni dei generatori di calore, dimensionamento dei camini, schemi funzionali, apparecchiature di sicurezza e disposizioni antincendio.
2. Progetto dell'impianto di condizionamento dell'aria di un edificio per uffici: calcolo dei carichi termici estivi ed invernali, scelta delle tipologie di impianto e dimensionamento dei componenti fondamentali, schemi funzionali, progetto delle reti di distribuzione dei fluidi termovettori (aria ed acqua).
3. Analisi energetico-economica di un impianto di cogenerazione (produzione combinata di energia termica ed elettrica) per un complesso ospedaliero.

P 4150 Progettazione degli impianti industriali

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 30 laboratori 30 (settimanali 4/2/2)

Prof. Alberto Chiaraviglio (Idraulica, trasporti e infrastr. civili)

Finalità del corso: completare la formazione impiantistica degli allievi ingegneri in materia di costruzione, appalto, collaudo ed avviamento degli impianti industriali, fornendo elementi relativi ai problemi di finanziamento degli impianti.
Sono previste lezioni per fornire gli elementi teorico-pratici per la costruzione degli impianti, esercitazioni applicative e visite a numerosi impianti funzionanti.

REQUISITI. *Impianti meccanici.*

PROGRAMMA
Progettazione ergonomica degli impianti industriali.
I fabbricati industriali: forme, caratteristiche, tipi di struttura e di copertura, gli elementi costruttivi degli impianti industriali.
I caratteri fisici dell'ambiente di lavoro; il microclima; i rumori e le vibrazioni negli impianti industriali.
Impianti di trasporto di persone e materiali negli stabilimenti industriali (montacarichi, ascensori, trasportatori speciali, ecc.).
Impianti di deposito e di distribuzione di combustibili, oli, solventi, ossigeno, acetilene, metano, ecc.
Gli accessi e la viabilità negli stabilimenti industriali; il piano regolatore di sviluppo.
La progettazione, il calcolo e la realizzazione degli impianti in conformità alla legislazione vigente (antinfortunistica, antinquinamento, UNI, CNR, ecc.).
L'approvazione dei progetti ; i diversi gradi di approvazione; gli organismi preposti; concessioni ed autorizzazioni; il catasto; il CIPE; il CIPI
Il finanziamento degli impianti industriali; il *leasing*; la redditività degli impianti; la valutazione degli impianti e la scelta fra gli investimenti.
I capitolati; gli appalti; la direzione lavori; il PERT; i collaudi e l'avviamento.
I parametri della produzione; la gestione e l'affidabilità; la manutenzione.

ESERCITAZIONI
Redazione di capitolati speciali d'appalto e di computi metrici.
LABORATORI. Visite a impianti funzionanti di industrie operanti in diversi settori (meccanico, metallurgico, alimentare, cementiero, ecc.).

BIBLIOGRAFIA
A. Monte, *Elementi di impianti industriali.*
V. Zignoli, *Costi e valutazioni industriali.*
V. Zignoli, *Costruzioni edili.*
V. Zignoli, *Trasporti meccanici.*

P 4270 Progetto delle carrozzerie

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 56 esercitazioni 28 laboratori 4 (settimanali 4)

Prof. Alberto Morelli (Energetica)

Scopo del corso è fornire gli elementi essenziali alla progettazione della carrozzeria d'automobile. Non sono trattati temi inerenti allo stile. Sono trattati solo con cenni alcuni problemi della realizzazione tecnologica.
Il corso si svolgerà con lezioni, esercitazioni, visite di istruzione.

REQUISITI. *Meccanica razionale* ed applicazione, *Costruzione di macchine, Disegno meccanico*; si consiglia lo studente di frequentare *Costruzioni automobilistiche* e *Meccanica dell'autoveicolo.*

PROGRAMMA
La carrozzeria negli autoveicoli per trasporto privato, commerciale, industriale.
Schematizzazione del corpo umano; misure antropometriche, percentili. Abitabilità, visibilità e *comfort*; posizioni consigliate del guidatore e degli altri occupanti; norme e raccomandazioni americane ed europee; norme nazionali di particolare interesse. Requisiti per l'agevole accesso ed uscita dal veicolo.
Cenno sul processo di fabbricazione e formazione dei vetri temperati e laminati; qualità ottiche: trasparenza, distorsione, doppia immagine.
Normative ISO sul *comfort*; modifiche per l'applicabilità ai veicoli.
Principali configurazioni meccaniche degli autoveicoli e loro influenza sulla forma e sulla struttura.
Studi e analisi preliminari effettuati dal "*Marketing*" e dalla "Programmazione prodotto".
Elementi caratterizzanti l'impostazione della progettazione della carrozzeria. Fasi della progettazione e della sperimentazione.
Studio della forma; cenni sull'evoluzione storica ed effetti sul comportamento aerodinamico; approcci seguiti; corpi tipo e corpi di base. Influenza sulla resistenza aerodinamica di: attrito, sfilamento vorticoso, pressione sulla "troncatura". Conformazioni di scia.
Cenni su modelli teorici per il calcolo della distribuzione di pressione.
Effetti del vento obliquo sul comportamento di marcia e modifiche migliorative della forma. Rumorosità aerodinamica; numero di Strouhal.
Flussi interni, ventilazione dell'abitacolo, raffreddamento del motore. Flussi seminterni, nei passaruote, nel vano motore.
Sperimentazione in galleria del vento, misure e visualizzazioni.
Sicurezza attiva, comandi della vettura, sbrinamento, disappannamento, aree deterse del parabrezza, campi di visione degli occupanti. Dispositivi di segnalazione e illuminazione ccc..
Sicurezza passiva, sporgenze presenti sia all'interno sia all'esterno del veicolo. Sistemi di ritenuta, collassabilità dello sterzo, paraurti, strutture di protezione dei passeggeri, prevenzione incendio.
Strutture, fattori di carico, determinazione del sistema di carico.
Tipi di strutture: a telaio separabile e integrato, portante. Determinazione della rigidezza torsionale. Elementi strutturali in lamiera sottile saldata. Longheroni, traverse, montanti e pannelli: loro collegamenti. Casi di instabilità elastica. Cenni sul comportamento a fatica.

ESERCITAZIONI
Disegno schematico di una scocca. Disegno di particolari costruttivi. Schema di abitabilità di un autoveicolo.
LABORATORI
Visita di un laboratorio per prove di scocche a fatica. Visita ad una galleria del vento.

BIBLIOGRAFIA
J. Fenton, *Vehicle body layout and analysis*, MEP, London, 1980.

P 4350 Programmazione e controllo della produzione meccanica

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 56 esercitazioni 56 (settimanali 4/4)

Prof. Agostino Villa (Sistemi di produzione ed econ. dell'azienza)

Obiettivo del corso è duplice. Da un lato, vuole fornire i metodi formali e le relative procedure operative per definire un piano di produzione, a fronte di scenari di domanda noti (ordini acquisiti oppure previsti). D'altro lato intende analizzare le problematiche del controllo avanzamento produzione, impostando modelli di strategie di controllo che fonino il sistema di lavorazione ad inseguire il piano di produzione prefissato.

PROGRAMMA
Richiami di modelli e metodi per l'analisi di sistemi integrati di produzione.
Formulazione matematica del problema di "gestione" della produzione, e sua decomposizione in "programmazione" e "controllo".
Analisi di strategie per la programmazione della produzione: schedulazione ordini: modelli e algoritmi; pianificazione della capacità produttiva.
Analisi di strumenti operativi per la programmazione della produzione: MRP II (*manufacturing resource planning*) programmazione basata sulla struttura del prodotto; OPT (*optimized production technology*) programmazione basata sulla struttura del processo;
Analisi di strategie per il controllo avanzamento produzione: *dispatching*: schedulazione di un lotto in linea; *routing*: instradamento di lotti.
Analisi di un metodo operativo per il controllo avanzamento produzione: JIT (*just-in-time*) controllo mediante sincronizzazione tra domanda e produzione

ESERCITAZIONI. Discussione di casi reali, con uso di alcuni pacchetti di *software* per la programmazione della produzione.

BIBLIOGRAFIA. Dispense fornite dal Docente.

P 4630 Scienza e tecnologia dei materiali ceramici

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 78 (settimanali 6)

Prof. Ignazio Amato (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso intende fornire agli studenti interessati au'ingegneria dei materiali una adeguata conoscenza delle caratteristiche, della produzione e dell'uso dei materiali ceramici d'impiego industriale.

REQUISITI. *Chimica, Tecnologia dei materiali e chimica applicata.*

PROGRAMMA
I solidi: fondamenti teorici. L'ordine nei solidi. Proprietà e struttura cristallina. Solidi ionici e covalenti. Solidi duttili e solidi fragili. Le proprietà meccaniche dei solidi e la tenacità alla frattura. Solidi policristallini ed analisi ceramografica.

Proprietà delle superfici: tensione superficiale, bagnabilità, assorbimento.
I difetti nei solidi e la diffusione. La densificazione per sinterizzazione. La teoria della sinterizzazione. Le proprietà dei solidi sottoposti a sinterizzazione: la superficie specifica. Le caratteristiche dei sinterizzati: la porosità aperta e chiusa, la dimensione dei pori. L'influenza di gas occlusi nei pori e la regressione della densità. Sinterizzazione a più componenti solidi. Sinterizzazione in sistemi solido–liquido. Densificazione per pressatura a caldo.
I materiali ceramici ordinari: materie prime e processi di fabbricazione.
Ceramici fini: caratteristiche, impieghi attuali, potenzialità del settore. I ceramici fini e lo sviluppo delle nuove tecnologie. La trasversalità degli impieghi e l'effetto moltiplicatore di innovazione.
Le polveri neoceramiche: caratteristiche. Sintesi da soluzioni: sol–gel, estrazione solvente. Sintesi in fase vapore: condensazione (aerosol), reazione (plasma laser).
Additivi di processo: liquidi ed attivatori di bagnabilità, disperdenti e coagulanti, leganti, plasticizzanti, lubrificanti. Meccanica delle particelle e reologia.
Processi di formatura. Formatura per pressatura a secco. Formatura in regime plastico (estrusione). Formatura di sospensioni stabili (colaggio).
Trattamenti termici di essiccamento, presinterizzazione e sinterizzazione.
Ceramici funzionali: ferriti, sensori, elettroliti solidi, substrati.
Ceramici strutturali: il nitruro ed il carburo di silicio. Allumina e zirconia tenacizzata. Boruri e siliciuri. Criteri di progettazione e prova. Impieghi reali e potenziali.
Ceramici per rivestimento: criteri di progettazione. I materiali ceramici per rivestimento. Le tecniche: CVD, PVD, *sputtering*, implantazione ionica, plasma. Caratteristiche dei materiali rivestiti.
I materiali vetrosi ed i vetro-ceramici: caratteristiche ed applicazioni.
I materiali fibrosi di rinforzo. Meccanismo di azione dei rinforzi nei materiali compositi. Le fibre di vetro, le fibre di carbonio, le fibre ceramiche. Gli *whisker*: proprietà e tecnologie. Criteri di progettazione e modalità di impiego dei composti. I nanocompositi.
I ceramici-metallo (cermet): processi, proprietà, applicazioni.
I ceramici come utensili da taglio: meccanismi di degradazione e di usura. I carburi cementati. I rivestimenti ceramici dei carburi cementati. Utensili ceramici di nuova generazione: il sialon ed i ceramici rinforzati. Utensili superduri: il nitruro di boro. Gli abrasivi.
Neoceramici: impatto economico ed avanzamento tecnologico.

BIBLIOGRAFIA

G. Aliprandi, *Principi di ceramurgia e tecnologia ceramica*, ECIG, Genova.
A. Holden, *La fisica dei solidi*, Mondadori, Milano.
G.C. Kuczynski, *Sintering and related phenomena*, Plenum, New York.
J.E. Burke, *Progress in ceramic science. Vol. 3.*, Pergamon, New York.
R. Sersale, *I materiali ceramici ordinari e speciali*, Ambrosiana Ed., Milano.
P.W. McMillan, *Glass-ceramics*, Academic Press, New York.
J.S. Reed, *Introduction to the principles of ceramic processing*, Wiley, New York.

P 4980 Sistemi elettrici per l'energia

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 52 esercitazioni 52 (settimanali 4/4)

Prof. Federico Piglione (Ing. elettrica industriale)

PROGRAMMA
Sistemi di distribuzione dell'energia elettrica. Valutazione dei fabbisogni elettrici. Reti a media e bassa tensione. Generalità su linee, cabine, apparecchi di manovra e protezione.
Impianti di stabilimenti industriali: cabine di trasformazione, linee primarie e secondarie, illuminazione, strumenti elettrici; utilizzazione, misura e tariffazione dell'energia, rifasamento, pericoli di folgorazione, impianti di terra, normativa tecnica e antinfortunistica.
Caratteristiche e installazione dei trasformatori. Motori a corrente alternata e continua: caratteristiche, protezione e criteri di scelta in rapporto alle varie esigenze della pratica.
Impianti elettrici in grandi insediamenti terziari ed in insediamenti civili.
La progettazione elettrica. Dati di progetto, scelta della tipologia, metodi di calcolo, legislazione e normativa. Schemi elettrici di cabine e di quadri. Scelta delle cabine in funzione del carico (motori, saldatrici, ecc.).
Valutazione dei costi delle opere elettriche. Componentistica. Aggregazione dei costi e opere compiute.
Diagnostica degli impianti elettrici. Modelli probabilistici dei componenti e valutazione dell'affidabilità del sistema.
Collaudo degli impianti elettrici. Aspetti tecnici e normativi.

P 5110 Sperimentazione ed affidabilità dell'autoveicolo

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 70 esercitazioni 28 (settimanali 6/2)

Prof. Giovanni Belingardi (Meccanica)

Il corso si propone di fornire alcune conoscenze fondamentali per poter affrontare le problematiche della sperimentazione e dell'affidabilità dell'autoveicolo. Dopo una breve panoramica, per lo più descrittiva, delle principali attività della sperimentazione au'interno di un'industria automobilistica, si forniscono nozioni di statistica descrittiva e di teoria dei campioni. I problemi della fatica, della meccanica della frattura e le prove specifiche di durata vengono trattati nell'ottica della sperimentazione del veicolo.
Il corso affronta quindi i concetti dell'affidabilità dei componenti e dei sistemi, soffermandosi sulle metodologie di base, con particolare riferimento all'applicazione autoveicolistica. Vengono trattati il progetto degli esperimenti, l'analisi della varianza, le metodologie Taguchi, la progettazione robusta. Vengono infine illustrate alcune delle più moderne tecniche di sperimentazione del veicolo.
Il corso comprende lezioni, esercitazioni applicative in aula ed in laboratorio e visite a laboratori specialistici.

PROGRAMMA

Funzioni della sperimentazione in un'azienda automobilistica: definizione, obiettivi e fasi di intervento nel ciclo del prodotto. Classificazione delle prove, criteri di accelerazione delle prove, norme di prova.
Elementi di statistica descrittiva. Elementi di teoria delle probabilità, variabili aleatorie, funzioni teoriche di distribuzione della probabilità, carte di probabilità.
Teoria dei campioni, elaborazione ed interpretazione dei dati campionari. Intervalli di confidenza, curve di regressione, coefficiente di correlazione.
Definizione di affidabilità. Il tasso di guasto. Fondamenti di teoria della affidabilità dei componenti e dei sistemi. La misura dell'affidabilità e i metodi di prova. Sviluppo del progetto e prove di rilievo della affidabilità sul prodotto automobilistico. Metodi di calcolo dell'affidabilità. Valutazione della sicurezza. Manutenibilità e riparabilità dei sistemi.
Analisi della varianza (ANOVA), progettazione degli esperimenti (DOE), metodologie Taguchi, "progettazione robusta".
Analisi dei modi e degli effetti del guasto (FMEA), alberi di guasto (FTA).
Comportamento a fatica dei materiali e dei componenti meccanici, diagrammi statistici di rappresentazione dei risultati delle prove di fatica.
Evoluzione dalle prove di fatica classiche alle prova di fatica a programma, a quelle di simulazione di strada. Acquisizione dei dati su veicolo, elaborazione computerizzata ed utilizzo per il controllo dei banche di simulazione.
Tecniche di elaborazione per la riduzione dei cumulativi di sollecitazione a partire dalle registrazioni sul campo. Metodi di valutazione del danno e del danneggiamento cumulativo.
La meccanica della frattura lineare elastica ed elasto-plastica.
Il diagramma di Paris. Interconnessione fra la meccanica della frattura e la fatica.
Metodi di rilievo sperimentali degli stati di tensione e di deformazione. Metodi di monitoraggio e di diagnostica.
Applicazione dell'analisi modale e dell'intensimetria acustica per la valutazione del *comfort* acustico e vibrazionale nei veicoli.

ESERCITAZIONI
Elaborazione grafica (con l'uso delle carte di probabilità di Weibull) e numerica di dati di prova per l'ottenimento dei parametri statistici delle distribuzioni e per la valutazione dell'affidabilità.
Applicazioni riguardanti il comportamento a fatica di componenti meccanici, la sintesi del lativo di sollecitazione e la valutazione del danneggiamento cumulativo.
Applicazioni di meccanica della frattura.
Applicazioni del calcolo della affidabilità di componenti e sistemi.
Prove pratiche svolte in laboratorio di monitoraggio di risposte dinamiche, di analisi modale e dl intensimetria acustica.
Visite tecniche a laboratori ed attrezzature di prova.

BIBLIOGRAFIA
Calcolo e progetto di macchine. Vol. 3., Levrotto & Bella,
J.K. Bompass Smith, *Mechanical survival*, McGraw-Hill.
A.D.S. Carter, *Mechanical reliability*, Macmillan.
K.C. Kampur, L.R. Lamberson, *Reliability in engineering design*, Wiley.
D.J. Ewins, *Modal testing theory and practice*, Research Studies Press.

P 5240 Strumentazione biomedica

Anno:periodo 5:2

[NdR: informazioni dettagliate sul corso non pervenute in tempo per la stampa]

P 5390 Studi di fabbricazione

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 56 esercitazioni 56 (settimanali 4/4)

Prof. Agostino Villa (Sistemi di produzione ed econ. dell'azienza)

Questo corso è dedicato all'analisi dettagliata, mediante casi di studio, della "fase di ingegnerizzazione" di un nuovo prodotto.

PROGRAMMA
Per ogni caso di studio, usando strumenti e tecniche sviluppati in corsi precedenti, si attueranno le seguenti fasi:
- Specificazione delle caratteristiche del nuovo prodotto, in base ad analisi della domanda e delle tecnologie disponibili.
- Progettazione dei relativi cicli di lavorazione.
- Valutazione dei costi di produzione e di servizio.
- Analisi dei problemi di integrazione dei nuovi cicli di lavorazione nel processo esistente.

P 5440 Tecnica della sicurezza ambientale

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 25 (settimanali 5/2)

Prof. Norberto Piccinini (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Nel quadro dell'ampio significato dei termini "rischio" e "sicurezza", il corso intende fornire gli strumenti per individuare le pericolosità nelle varie attività e definire procedimenti, tecnici od organizzativi, per raggiungere obiettivi di sicurezza. Il corso intende inoltre trasferire le valutazioni dei rischi in processi decisionali per una corretta progettazione e per una attenta gestione di rischi imprenditoriali od ambientali.

PROGRAMMA

1. Incidenti e rischi nelle attività umane. Evoluzione dei concetti di "rischio" e "sicurezza". Scale e parametri per valutazioni di "tollerabilità dei rischi". Le valutazioni di impatto ambientale. *Environmental audits.*
2. Pericolosità di prodotti ed operazioni industriali. Tossicità delle sostanze chimiche. Reazioni di combustione ed esplosive. Elementi di protezione contro gli incendi. Rischi legati all'uso dell'energia elettrica.
3. Metodi di studio dei rischi nelle attività antropiche. Metodi basati sul giudizio ingegneristico (indici di rischio, *safety audits*, *check list*). Banche dati incidenti. Valutazioni probabilistiche dei rischi:
   - Metodi per l'individuazione delle pericolosità di origine interna agli impianti (analisi di operabilità, *Hazop*, analisi dei guasti e loro effetti – FMEA).
   - Valutazione della risposta di un impianto al verificarsi di un guasto per mezzo di alberi logici e decisionali (diagramma delle sequenze incidentali, albero degli eventi, albero dei guasti, diagramma logico cause–conseguenze).
   - Stima della frequenza di eventi incidentali (risoluzione di alberi logici).
   - Analisi di sequenze incidentali di tipo dinamico.
4. Principi e metodi dell'affidabilità tecnologica. Affidabilità di un componente, di sistemi operativi (in serie o in parallelo, a logica maggioritaria), di sistemi in attesa di intervento. Banche dati affidabilità. Analisi di sistemi tramite catene di Markov.
5. Valutazione degli errori umani.

ESERCITAZIONI

Costituzione di un prototipo di Banca Dati Incidenti e Analisi Pericolosità.
Applicazioni delle differenti metodologie di analisi dei rischi.
Elaborazione di una specifica per l'omologazione di un prototipo.
Analisi delle relazioni cause–effetti su un componente di macchina uscito di servizio.
Relazione dettagliata su un tema ambientale o di sicurezza di interesse dell'allievo.

BIBLIOGRAFIA

Norme per la prevenzione degli infortuni.
N. Piccinini, *Affidabilità e sicurezza nell'industria chimica,* SCCFQiM, Barcellona, 1985.
S. Messina, N. Piccinini, G. Zappellini, *Valutazione probabilistica di rischio,* 3ASI. D. A. Crowl, J.F. Louvar, *Chemical process safety,* Prentice Hall, 1990.

P 5470 Tecnica delle costruzioni meccaniche

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 72 esercitazioni 48 (settimanali 6/4)

Prof. Graziano Curti (Meccanica)

Il corso si propone di fornire contenuti ed insegnamenti metodologici utili alla progettazione e alla realizzazione delle costruzioni meccaniche in generale (impianti, apparecchi, strutture).
Il corso è particolarmente adatto a facilitare l'inserimento professionale degli allievi nel campo del calcolo e della realizzazione di costruzioni meccaniche.

REQUISITI
Per una buona comprensione degli argomenti trattati nel corso è indispensabile la conoscenza dei contenuti del corso di Scienza delle costruzioni.

PROGRAMMA
Richiami sulla teoria dell'elasticità.
Travi curve e di forte spessore.
Piastre rettangolari a flessione.
Piastre circolari a flessione (flange anulari, fondi piani).
Recipienti in pressione (tubi, *vessel*, sfere).
Normative ISPESL e ASME (cenni).
Strutture a traliccio.
Apparecchi di sollevamento.
Normative UNI e CNR-UNI (cenni).
Lo scopo del corso è di far conoscere le proprietà di impiego dei materiali più comuni con i quali un ingegnere meccanico dovrà con ogni probabilità confrontarsi nel corso della sua carriera professionale; verrà pertanto fornito un quadro necessariamente non completo dell'ampia casistica relativa ai materiali per l'ingegneria, senza tuttavia troppo addentrarsi nei procedimenti industriali della loro produzione.

REQUISITI
È indispensabile la conoscenza delle nozioni impartite nel corso di *Chimica*.

PROGRAMMA
Proprietà generali dei materiali. Proprietà tecnologiche dei materiali.
Richiami sulle strutture dei solidi. Difetti strutturali: vacanze e dislocazioni.
Diagrammi di stato.
Acque per usi industriali.
Combustibili.
Carburanti e lubrificanti.
Materiali refrattari. Materiali ceramici tradizionali e per tecnologie avanzate.
Materiali leganti aerei e idraulici.
Materiali ferrosi: elaborazione dei materiali.
Materiali metallici a base di rame e di alluminio: elaborazione dei materiali.
Materiali polimerici termoplastici e termoindurenti; elastomeri.
Materiali compositi a matrice polimerica, metallica o ceramica.

BIBLIOGRAFIA
C. Brisi, *Chimica applicata*, Levrotto & Bella, Torino.
P. Appendino, C. Gianoglio, *Esercizi di chimica applicata*, CELID, Torino.

P 5700 Tecnologie industriali (tessili)

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 50 esercitazioni 50 (settimanali 4/4)

Prof. Francantonio Testore (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso si propone di studiare i principali processi tecnologici in cui si articola la trasformazione delle fibre e dei fili in tessuto finito, i cicli di lavorazione e le condizioni ambientali per il loro razionale svolgimento, e di mettere i giovani futuri ingegneri a contatto con la realtà industriale per mezzo di visite a stabilimenti e laboratori e di esercitazioni su problemi pratici.

PROGRAMMA

L'insegnamento si divide in tre parti principali, concernenti a grandissime linee la formazione del filato, la formazione di superfici tessili piane, la nobilitazione dei filati e dei tessuti. Di ciascuna parte vengono illustrate le esigenze di carattere tecnologico che influenzano la progettazione, il *layout*, le condizioni ambientali.

Formazione del filato.

Classificazione delle fibre. Tecnologia della cardatura, della pettinatura, della filatura. Ciclo cardato e pettinato per fibre a taglio laniero e a taglio cotoniero. Trattamenti tessili ai cavi di filatura chimica (*tow*) e di fili continui artificiali sintetici (torcitura, testurizzazione ecc.).

Tecnologia generale di tessitura.

Preparazione dell'ordito. Principali tipi di telai, tessuti a trama e catena, a maglia, non tessuti.

Rifinizione, classificazione e scopi delle principali operazioni. Finissaggio dei tessuti lanieri, cotonieri, di fili sintetici. Tintura e stampa, cenni sulle fasi del ciclo e sulle principali macchine.

Controlli tecnologici, illustrazione delle prove più importanti (scopi, metodologia, apparecchiature ecc.) che si compiono su fibre, fili e filati, tessuti.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni alternano visite e prove sperimentali, presso aziende tessili e meccanotessili e presso laboratori pubblici e privati, alla elaborazione presso il Politecnico dei risultati sperimentali e nella discussione delle relazioni compilate con dati raccolti.

BIBLIOGRAFIA

F. Testore, *Tecnologia della filatura,* Elsa, 1975.
F. Testore, *New Deal nel meccano-tessile,* Publi-Edi, Milano, 1980.
Manuale di tecnologia tessile, Cremonesi, Roma, 1981.
Bollettini dell'International Textil Service, Zurigo.
Journal of Textil Institute, Manchester.
F. Testore, *Nel segno dell'ITMA 83,* Publi-Edi, Milano, 1984.
Textile Horizons, Manchester.
F. Testore, *Quo Vadis, Mecatronic ITMA 87,* Publi-Edi., Milano, 1988.

P 5710 Tecnologie metallurgiche

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 70 esercitazioni 25 laboratori 15 (settimanali 5/3)

Prof. Mario Rosso (Scienza dei materiali e ing. chimica)

Il corso ha come scopo lo studio comparativo dei processi e delle tecnologie di formatura e di giunzione dei particolari metallici. In particolare vengono studiati e confrontati i processi di deformazione plastica, fonderia e metallurgia delle polveri.
Dopo aver approfondito i principi fondamentali su cui si basano le tre tecnologie, vengono esaminati i processi e gli impianti utilizzati, i rispettivi settori di applicazione ed i materiali metallici, compresi i compositi a matrice metallica, idonei ai singoli processi. Infine sono trattate le tecniche di giunzione.
Uno stretto contatto con le realtà industriali più significative, esplicantesi anche con visite appositamente programmate, fornisce un contenuto pratico al corso e favorisce un migliore aggiornamento su evoluzione e innovazione tecnologica. Sono previste lezioni, esercitazioni, laboratori e visite ad industrie.

PROGRAMMA
Deformazione plastica.
Richiami alla teoria della plasticità ed ai meccanismi di formatura. Caratteristiche di formabilità delle leghe metalliche. Fenomeni di attrito e lubrificazione. Fucinatura e stampaggio. Laminazione. Estrusione. Trafilatura. Imbutitura.
Fonderia.
Richiami ai principali della solidificazione. Impianti per la fusione industriale di metalli e leghe. Modelli, anime e forme. Analisi dei diversi processi di formatura e di colata. Controllo e finitura dei getti. Vantaggi dei processi di fonderia.
Metallurgia delle polveri.
Produzione e caratterizzazione delle polveri. Miscelazione e compattazione, relativi impianti. Forme limite. Analisi del processo di sinterizzazione, sinterizzazione attivata. Forni e atmosfere di sinterizzazione. Lavorazioni complementari. Controllo, finitura e applicazioni dei sinterizzati. Confronto tra le differenti alternative tecnologiche e criteri di scelta. Ottimazione tecnico-economica ed indici di costo.
Tecniche di giunzione.
Concetto di saldabilità e metallurgia della saldatura. Saldatura ad arco, a scoria conduttrice, a resistenza, a frizione, a gas, a laser e a plasma. Brasatura.

ESERCITAZIONI E LABORATORI
Vengono sviluppati esempi applicativi e di calcolo sugli argomenti oggetto delle lezioni. Le prove in laboratorio riguarderanno le caratteristiche di formabilità e microstrutturali dei materiali assoggettati alle diverse tecnologie.

BIBLIOGRAFIA
Appunti del corso.
G. Dieter, *Mechanical metallurgy,* McGraw-Hill, Tokyo, 1988.
G. Mazzoleni, *Tecnologia dei metalli,* 3 vol., UTET, Torino, 1980.
E. Mosca, *Metallurgia delle polveri,* AMMA, Torino, 1983.

P 5720 Tecnologie speciali

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 50 laboratori 25 (settimanali 4/2)

Prof. Augusto De Filippi (Sistemi di produzione ed economia dell'azienda)

[Il Docente invita gli studenti a rivolgerglisi direttamente, per avere informazioni dettagliate sul corso]

P 6000 Termotecnica

Anno:periodo 5:2 Impegno (ore): lezioni 60 esercitazioni 55 laboratori 5 (settimanali 4/4)

Prof. Antonio Maria Barbero (Energetica)

Temi generali trattati: caratteristiche funzionali e costruttive dei principali generatori di calore; perdite di energia; rendimenti; calcolo termico dei generatori di calore; previsione di funzionamento su modello matematico; recuperatori di calore.
Il corso si svolgerà con lezioni, esercitazioni monograf iche e di calcolo, laboratorio, visite a centrali e/o stabilimenti.

PROGRAMMA
Descrizione dei principali tipi di generatore di calore: generatori di vapore e loro ausiliari (in particolare pompe di alimentazione, di circolazione, di estrazione del condensatore), generatori di acqua calda, generatori di acqua surriscaldata, generatori di fluidi diatermici caldi, generatori di aria calda, forni, inceneritori.
Caratterizzazione termica delle parti dei generatori di calore. Caratteristiche delle fiamme (cenni).
Caratteristiche fisico-chimiche dei combustibili. Caratteristiche fisico-chimiche dei prodotti della combustione. Reazioni di combustione (metodi particolari di calcolo). Metodi di calcolo dei rendimenti. Metodi di calcolo delle perdite di energia. Influenza delle varie perdite sul rendimento ai vari regimi termici.
Richiami di trasmissione del calore applicati ai generatori di calore. Emissione di energia raggiante da fiamme.
Dimensionamento termico delle camere di combustione. Dimensionamento termico degli scambiatori a valle della camera di combustione.
Verifiche del calcolo termico dei generatori di calore. Metodi semi-empirici di calcolo di progettazione termica. Previsioni di funzionamento con il metodo del reattore ben mescolato. Cenni a modelli matematici a una o più dimensioni.
Recuperatori di calore: calcolo e descrizione.
Cenni a generatori di calore non a combustione.
Cenni a impianti di cogenerazione di energia termica e meccanica.

ESERCITAZIONI
Esercitazioni di calcolo e inoltre esercitazioni monografiche su: strumentazione di misura per generatori di calore; problemi di corrosione; legislazione e inquinamento; approfondimento di aspetti particolarmente interessanti di alcuni generatori; valutazione economica degli interventi di risparmio energetico (VAN, IRR).
LABORATORI. Visita al Laboratorio di prove sulla combustione. Visite a stabilimenti del settore (costruzione bruciatori, caldaie, pannelli solari) e a generatori di vapore.

Indice alfabetico degli insegnamenti

pag.		*corso* *[anno:periodo]*
56	P0030	Acustica applicata [4:2]
19	P0231	Analisi matematica 1 [1:1]
24	P0232	Analisi matematica 2 [2:1]
56	P0290	Applicazioni industriali elettriche [4:2]
37	P0350	Automazione a fluido [4:1]
82	P0380	Azionamenti elettrici [5:2]
57	P0450	Biomeccanica [4:2]
58	P0510	Calcolo numerico [4:2]
20	P0620	Chimica [1:1]
30	P0845	Controlli automatici + Elettronica applicata (corso integrato) [3:1]
38	P0920	Costruzione di autoveicoli [4:1]
59	P0940	Costruzione di macchine [4:2]
83	P0980	Costruzione di materiale ferroviario [5:2]
39	P1020	Costruzione e tecnologia del pneumatico e degli antivibranti [4:1]
84	P1040	Costruzioni biomeccaniche [5:2]
40	P1070	Costruzioni idrauliche [4:1]
40	P1080	Costruzioni in acciaio [4:1]
71	P1165	Criogenia + Tecnica del freddo (corso integrato) [5:1]
33	P1405	Disegno di macchine + Tecnologia meccanica (corso integrato) [3:2]
21	P1430	Disegno tecnico industriale [1:2]
84	P1530	Economia ed organizzazione aziendale [5:2]
86	P1700	Elettrometallurgia [5:2]
41	P1710	Elettronica applicata [4:1]
27	P1795	Elettrotecnica + Macchine elettriche (corso integrato) [2:2]
60	P1810	Energetica [4:2]
22	P1901	Fisica 1 [1:2]
24	P1902	Fisica 2 [2:1]
34	P2060	Fisica tecnica [3:2]
42	10087	Fisiologia veterinaria ed etologia (e protezione animale) [4:1]

61	P2080	Fluidodinamica [4:2]
87	B2120	Fluidodinamica delle turbomacchine [5:2]
25	P2170	Fondamenti di informatica [2:1]
23	P2300	Geometria [1:2]
72	P2460	Gestione industriale della qualità [5:1]
62	P2560	Illuminotecnica [4:2]
72	P2730	Impianti meccanici [5:1]
42	P2740	Impianti metallurgici [4:1]
88	P2820	Impianti termotecnici [5:2]
73	P3100	Logistica industriale [5:1]
43	P3110	Macchine [4:1]
44	P3111	Macchine 1 [4:1]
63	P3112	Macchine 2 [4:2]
35	P3210	Meccanica applicata alle macchine [3:2]
31	P3230	Meccanica dei fluidi [3:1]
45	P3265	Meccanica dei materiali + Metallurgia meccanica (corso integrato) [4:1]
74	P3280	Meccanica dei robot [5:1]
64	P3290	Meccanica del veicolo [4:2]
75	P3360	Meccanica delle vibrazioni [5:1]
28	P3370	Meccanica razionale [2:2]
46	P3400	Meccanica superiore per ingegneri [4:1]
64	P3410	Meccatronica [4:2]
65	P3430	Metallurgia fisica [4:2]
47	P3500	Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici [4:1]
66	P3530	Metodologie metallurgiche e metallografiche [4:2]
48	P3540	Metrologia generale meccanica [4:1]
49	P3710	Misure termiche [4:1]
76	P3730	Modelli funzionali per l'industria meccanica [5:1]
76	P3840	Motori termici per trazione [5:1]
50	P3850	Oleodinamica e pneumatica [4,5:2]
67	P3950	Plasticità e lavorazioni per deformazione plastica [4:2]
77	P4020	Principi e metodologie della progettazione meccanica [5:1]
79	P4090	Produzione assistita da calcolatore [5:1]
68	P4110	Progettazione assistita di strutture meccaniche [4:2]
89	P4150	Progettazione degli impianti industriali [5:2]
79	P4180	Progettazione di sistemi di trasporto [5:1]

89 P4270 Progetto delle carrozzerie [5:2]
91 P4350 Programmazione e controllo della produzione meccanica [5:2]
32 P4600 Scienza delle costruzioni [3:1]
51 P4602 Scienza delle costruzioni 2 [4:1]
91 P4630 Scienza e tecnologia dei materiali ceramici [5:2]
52 P4780 Siderurgia [4:1]
93 P4980 Sistemi elettrici per l'energia [5:2]
93 P5110 Sperimentazione ed affidabilità dell'autoveicolo [5:2]
69 P5130 Sperimentazione sulle macchine [4,5:2]
95 P5240 Strumentazione biomedica [5:2]
95 P5390 Studi di fabbricazione [5:2]
80 P5410 Tecnica del controllo ambientale [5:1]
96 P5440 Tecnica della sicurezza ambientale [5:2]
81 P5450 Tecnica della sicurezza elettrica [5:1]
97 P5470 Tecnica delle costruzioni meccaniche [5:2]
53 P5490 Tecnica ed economia dei trasporti [4:1]
29 P5574 Tecnologia dei materiali e chimica applicata (corso ridotto, 1/2 annualità) [2:2]
36 P5584 Tecnologia dei materiali metallici (corso ridotto, 1/2 annualità) [3:2]
54 P5640 Tecnologia meccanica [4:1]
98 P5700 Tecnologie industriali (tessili) [5:2]
99 P5710 Tecnologie metallurgiche [5:2]
100 P5720 Tecnologie speciali [5:2]
70 P5840 Teoria delle strutture [4:2]
100 P6000 Termotecnica [5:2]
55 P6030 Trasmissione del calore [4:1]

Indice alfabetico dei docenti

pag.	*Docente*		*corso*	*[anno:periodo]*
39	Amato, Ignazio (Chimica)	P1020	Costruzione e tecnologia del pneumatico e degli antivibranti	[4:1]
91	=	P4630	Scienza e tecnologia dei materiali ceramici	[5:2]
34	Anglesio, Paolo (Energetica)	P2060	Fisica tecnica	[3:2]
63	Antonelli, Enrico (Energetica)	P3112	Macchine 2	[4:2]
49	Barbero, Antonio Maria (Energetica)	P3710	Misure termiche	[4:1]
100	=	P6000	Termotecnica	[5:2]
72	Bauducco, Giovanni (Idraul., trasp., infrastr. civ.)	P2730	Impianti meccanici	[5:1]
37	Belforte, Guido (Meccanica)	P0350	Automazione a fluido	[4:1]
35	=	P3210	Meccanica applicata alle macchine	[3:2]
30	Belforte, Gustavo (Autom. inform.)	P0845	Controlli automatici + Elettronica applicata (int.)	[3:1]
93	Belingardi, Giovanni (Meccanica)	P5110	Sperimentazione ed affidabilità dell'autoveicolo	[5:2]
70	Bocca, Pietro (Ing. strutturale)	P5840	Teoria delle strutture	[4:2]
27	Boglietti, Aldo (Ing. elettrica)	P1795	Elettrotecnica + Macchine elettriche (int.)	[2:2]
59	Bongiovanni, Guido (Meccanica)	P0940	Costruzione di macchine	[4:2]
48	Bray, Anthos (Sist. produzione)	P3540	Metrologia generale meccanica	[4:1]
20	Brisi, Cesare (Chimica)	P0620	Chimica	[1:1]
52	Burdese, Aurelio (Chimica)	P4780	Siderurgia	[4:1]
40	=	P1070	Costruzioni idrauliche	[4:1]
31	Butera, Luigi (Idraul., trasp., infrastr. civ.)	P3230	Meccanica dei fluidi	[3:1]
34	Cafaro, Emilio (Energetica)	P2060	Fisica tecnica	[3:2]
84	Calderale, Pasquale Mario (Meccanica)	P1040	Costruzioni biomeccaniche	[5:2]
77	=	P4020	Principi e metodologie della progettazione meccanica	[5:1]
58	Canuto, Claudio (Matematica)	P0510	Calcolo numerico	[4:2]
84	Caridi, Antonino (Idraul., trasp., infrastr. civ.)	P1530	Economia ed organizzazione aziendale	[5:2]
32	Carpinteri, Alberto (Ing. strutturale)	P4600	Scienza delle costruzioni	[3:1]

81	Carrescia, Vito (Ing. elettrica)	P5450	Tecnica della sicurezza elettrica [5:1]
43	Catania, Andrea Emilio (Energetica)	P3110	Macchine [4:1]
44	=	P3111	Macchine 1 [4:1]
89	Chiaraviglio, Alberto (Idraul., trasp., infrastr. civ.)	P4150	Progettazione degli impianti industriali [5:2]
53	Crotti, Adelmo (Idraul., trasp., infrastr. civ.)	P5490	Tecnica ed economia dei trasporti [4:1]
97	Curti, Graziano (Meccanica)	P5470	Tecnica delle costruzioni meccaniche [5:2]
86	De Benedetti, Bruno (Chimica)	P1700	Elettrometallurgia [5:2]
65	=	P3430	Metallurgia fisica [4:2]
54	De Filippi, Augusto (Sist. produzione)	P5642	Tecnologia meccanica [4:1]
100	=	P5720	Tecnologie speciali [5:2]
84	Dellepiane, Nicola (Idraul., trasp., infrastr. civ.)	P1530	Economia ed organizzazione aziendale [5:2]
76	Ferraro, Carlo Vincenzo (Energetica)	P3840	Motori termici per trazione [5:1]
45	Firrao, Donato (Chimica)	P3265	Meccanica dei materiali + Metallurgia meccanica (int.) [4:1]
36	=	P5584	Tecnologia dei materiali metallici (1/2) [3:2]
55	Fracastoro, Gian Vincenzo (Energetica)	P6030	Trasmissione del calore [4:1]
72	Galetto, F. (Sist. produzione)	P2460	Gestione industriale della qualità [5:1]
64	Genta, Giancarlo (Meccanica)	P3290	Meccanica del veicolo [4:2]
68	Gugliotta, Antonio (Meccanica)	P4110	Progettazione assistita di strutture meccaniche [4:2]
30	Ietto, Leopoldo (Autom. inform.)	P0845	Controlli automatici + Elettronica applicata (int.) [3:1]
54	Ippolito, Rosolino (Sist. produzione)	P5640	Tecnologia meccanica [4:1]
56	Lazzari, Mario (Ing. elettrica)	P0290	Applicazioni industriali elettriche [4:2]
25	Lepora, Paolo (Matematica)	P2170	Fondamenti di informatica [2:1]
33	Levi, Raffaello (Sist. produzione)	P1405	Disegno di macchine + Tecnologia meccanica (int.) [3:2]
76	Lombardi, Franco (Sist. produzione)	P3730	Modelli funzionali per l'industria meccanica [5:1]
28	Longo Marcante, Eugenia (Matematica)	P3370	Meccanica razionale [2:2]
24	Malaguzzi, Cristina (Matematica)	P0232	Analisi matematica 2 [2:1]
29	Marino, Francesco (Chimica)	P5574	Tecnologia dei materiali e chimica applicata (1/2) [2:2]
79	Marocchi, Dante (Idraul., trasp., infrastr. civ.)	P4180	Progettazione di sistemi di trasporto [5:1]

69	Marzano, Mario Rocco (Energetica)	P5130	Sperimentazione sulle macchine [4,5:2]
24	Mascarello, Maria (Matematica)	P0232	Analisi matematica 2 [2:1]
88	Masoero, Marco (Energetica)	P2820	Impianti termotecnici [5:2]
80	=	P5410	Tecnica del controllo ambientale [5:1]
23	Massaza, Carla (Matematica)	P2300	Geometria [1:2]
62	Mazza, Augusto (Energetica)	P2560	Illuminotecnica [4:2]
24	Mezzetti, Enrica (Fisica)	P1902	Fisica 2 [2:1]
43	Mittica, Antonio (Energetica)	P3110	Macchine [4:1]
72	Monte, Armando (Idraul., trasp., infrastr. civ.)	P2730	Impianti meccanici [5:1]
73	=	P3100	Logistica industriale [5:1]
20	Montorsi, Margherita (Chimica)	P0620	Chimica [1:1]
25	Montuschi, Paolo (Autom. inform.)	P2170	Fondamenti di informatica [2:1]
38	Morelli, Alberto (Energetica)	P0920	Costruzione di autoveicoli [4:1]
89	=	P4270	Progetto delle carrozzerie [5:2]
40	Nascè, Vittorio (Ing. strutturale)	P1080	Costruzioni in acciaio [4:1]
50	Nervegna, Nicola (Energetica)	P3850	Oleodinamica e pneumatica [4,5:2]
46	Nocilla, Silvio (Matematica)	P3400	Meccanica superiore per ingegneri [4:1]
19	Percivale, Daniele (Matematica)	P0231	Analisi matematica 1 [1:1]
67	Perotti, Giovanni (Sist. produzione)	P3950	Plasticità e lavorazioni per deformazione plastica [4:2]
96	Piccinini, Norberto (Chimica)	P5440	Tecnica della sicurezza ambientale [5:2]
93	Piglione, Federico (Ing. elettrica)	P4980	Sistemi elettrici per l'energia [5:2]
35	Piombo, Bruno (Meccanica)	P3210	Meccanica applicata alle macchine [3:2]
75	=	P3360	Meccanica delle vibrazioni [5:1]
82	Profumo, Francesco (Ing. elettrica)	P0380	Azionamenti elettrici [5:2]
28	Rèpaci, Antonino (Matematica)	P3370	Meccanica razionale [2:2]
27	Repetto, Murizio (Ing. elettrica)	P1795	Elettrotecnica + Macchine elettriche (int.) [2:2]
83	Roccati, Giovanni (Meccanica)	P0980	Costruzione di materiale ferroviario [5:2]
74	Romiti, Ario (Meccanica)	P3280	Meccanica dei robot [5:1]
45	Rossetto, Massimo (Meccanica)	P3265	Meccanica dei materiali + Metallurgia meccanica (int.) [4:1]
42	Rosso, Mario (Chimica)	P2740	Impianti metallurgici [4:1]
99	=	P5710	Tecnologie metallurgiche [5:2]
56	Sacchi, Alfredo (Energetica)	P0030	Acustica applicata [4:2]
36	Scavino, Giorgio (Chimica)	P5584	Tecnologia dei materiali metallici (1/2) [3:2]

31	Sordo, Sebastiano (Idraul., trasp., infrastr. civ.)	P3230	Meccanica dei fluidi [3:1]
98	Testore, Francantonio (Chimica)	P5700	Tecnologie industriali (tessili) [5:2]
61	Tordella, Daniela (Aeronautica)	P2080	Fluidodinamica [4:2]
21	Tornincasa, Stefano (Sist. produzione)	P1430	Disegno tecnico industriale [1:2]
24	Trossi, Laura (Fisica)	P1902	Fisica 2 [2:1]
71	Tuberga, Armando (Energetica)	P1165	Criogenia + Tecnica del freddo (int.) [5:1]
60	=	P1810	Energetica [4:2]
23	Valabrega, Paolo (Matematica)	P2300	Geometria [1:2]
20	Vallino, Mario (Chimica)	P0620	Chimica [1:1]
47	Vicario, Grazia (Matematica)	P3500	Metodi probabilistici, statistici e processi stocastici [4:1]
91	Villa, Agostino (Sist. produzione)	P4350	Programmazione e controllo della produzione meccanica [5:2]
95	=	P5390	Studi di fabbricazione [5:2]
41	Zamboni, Maurizio (Elettronica)	P1710	Elettronica applicata [4:1]
87	Zannetti, Luca (Aeronautica)	B2120	Fluidodinamica delle turbomacchine [5:2]
33	Zompì, Antonio (Sist. produzione)	P1405	Disegno di macchine + Tecnologia meccanica (int.) [3:2]